

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ПАВЛЕНКО ЮЛІЯ МИКОЛАЇВНА**

УДК 636.22/28.082.26

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ФОРМУВАННЯ МІКРОПОПУЛЯЦІЙ ХУДОБИ З УНІКАЛЬНИМИ  
ПРОДУКТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ  
СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИХ МЕТОДІВ**

06.02.01 – розведення та селекція тварин

Галузь знань – сільськогосподарські науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Ю.М. Павленко

Суми – 2024

## АНОТАЦІЯ

**Павленко Ю.М.** Формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.02.01 «Розведення та селекція тварин».– Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

У дисертації викладено методологічні підходи щодо формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями, розроблені за використання селекційно–генетичних методів на основі результатів ДНК-тестувань великої рогатої худоби за локусами бета-казеїну шляхом математично-статистичного аналізу кількісних та якісних показників молочної продуктивності худоби, хімічного складу молока, онтогенетичного розвитку молодняка. Зроблений аналіз поголів'я за генотипами капа-казеїну та комплексним генотипом за бета- і капа-казеїном. Вивчена можливість збереження унікальних локальних популяцій худоби за використання популяційно-генетичних методів.

Результатами ДНК-тестування локусу бета-казеїну на наявність A1 і A2–алельних варіантів у корів досліджуваних порід встановлено, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу A2A2 характеризуються тварини лебединської породи (57%). Також високу частоту цього генотипу мали корови української бурої молочної породи (46%). Тварини симентальської породи мали дещо менше значення частоти бажаного генотипу (42%), а тварини української чорно- та червоно-рябих молочних порід характеризувалися частотою 38 і 36% відповідно. Найбільша частота гетерозиготного генотипу A1A2 була характерна тваринам симентальської породи (51%). Дещо нижчою ця частота була у корів української бурої молочної, української чорно–рябої молочної, української червоно-рябої молочної порід – у межах 45-46%. Найнижчий показник

зафіксований у худоби лебединської породи – 33%. Генотип A1A1 найчастіше зустрічався у худоби українських чорно- та червоно-рябих порід – в межах 17-18%.; найрідше – серед сименталів – 7 % .

Дослідженнями було встановлено, що ступінь гомозиготності у досліджуваних популяціях маточного поголів'я великої рогатої худоби за геном бета-казеїну знаходиться в межах 51,6-61,0%, і була вищою у тварин лебединської породи. Більшим числом ефективно діючих алелів характеризувалась худоба українських чорно- та червоно-рябих молочних порід. Тест гетерозиготності (ТГ), який свідчить про рівень генетичного різноманіття популяції, був негативним у корів лебединської, чорно- та червоно-рябих молочних порід, що свідчить про меншу частку фактичних гетерозигот відносно частки теоретичних гетерозигот за відповідними алелями казеїну.

Серед дослідженого генетичного матеріалу плідників вищою частотою бажаного генотипу A2A2 відрізняються тварини української бурої молочної породи та лебединської породи, які були отримані в результаті замовних паруваль у результаті виконання науково-дослідної роботи зі збереження бурої худоби в Україні – 52-60%. Бугаї лебединської породи, сперма яких зберігається у генофондному сховищі, мали частоту генотипу A2A2 на рівні 17%. Але при цьому вони мають найвищу частоту гетерозиготного генотипу A1A2 – 58%. Генотип A1A1 не був зафіксований у бугаїв української бурої молочної та лебединської порід. Серед плідників українських чорно- та червоно-рябої молочних порід бажаний генотип A2A2 зустрічався із частотою 30–33%, найвищою частотою характеризувався генотип A1A2 – 38-43% відповідно. У бугаїв симентальської породи частота зустрічі генотипу A2A2 становила 46%, A1A2 – 39%, A1A1 – 15%.

Встановлені частоти алелів та генотипів за локусом бета-казеїну свідчать про те, що породи молочної худоби, які розводяться на Північному Сході України суттєво відрізняються між собою за даною ознакою. Отримані результати свідчать про відсутність направленої селекційної роботи в

напрямку створення стад з генотипом тварин A2A2 за бета-казеїном. Винятком є худоба бурих порід, про що свідчить отримання бугайців від замовних паруваль, у яких частота бажаного генотипу вище 50%. Тому, можна стверджувати про наявність перспектив щодо досить швидкого створення у популяціях лебединської та української бурої молочної порід таких стад.

Згідно аналізу даних Каталогу бугаїв молочних і молочно-м'ясних порід для відтворення маточного поголів'я в 2020 році, було встановлено, що понад 60% оцінені за генотипом за бета-казеїном. Зокрема серед голштинів – 61% тварин. З 59 джерсеїв оцінено – 83%; із 17 швіців – 77%; із 17 сименталів – 53%; із 13 монбельярдів – 62%; із 8 плідників червоної данської – 100%; 7 бугаїв червоної норвежської – 71%; з 8 тварин айрширської – 75%.

Частота розподілу алелів гену бета-казеїну у бугаїв різних порід допущених до використання мала наступний вигляд. Найбільшу частку бажаного алеля A2 виявлено у бугаїв локальних місцевих порід: червоної данської, червоної норвежської та джерсейської. Меншою часткою даного алеля характеризувалися плідники голштинської та айрширської порід. Відповідно бугаї цих порід характеризувалися більшою часткою алелю A1, а найменшою – бугаї червоної данської. Зважаючи на велику насиченість маточних стад північно-східного регіону України тваринами з генотипом A2A2 за бета-казеїном та значну частоту зустрічі генетичного матеріалу бугаїв з бажаним генотипом у провідних селекційних компаніях світу, історичну районованість бурої худоби у сільськогосподарських підприємствах Сумщини та необхідність збереження унікального поголів'я у даному регіоні є всі передумови для створення мікропопуляцій з унікальними продуктивними властивостями.

Генетична структура бугаїв лебединської породи (80% гетерозигот за геном бета-казеїну A2), які є в наявності, дозволяє формувати у наступних поколіннях гомозиготні за даною ознакою популяції. Залучення бугаїв оригінальної бурої німецької породи (OBV), до реципрокного схрещування

100% (A2A2) дає шанс прискорити нарощування поголів'я гомозиготних бугайців та теличок для розведення. Маточне поголів'я лебединської породи (62% гомозигот і 38% гетерозигот) дозволяє передбачити в наступному поколінні значне зростання гомозиготності за бета-казеїном A2A2 особливо при використанні гомозиготних бугаїв. Запропонована нами селекційна модель (таблиця 12, 13) у поєднанні з використанням сексованої сперми та генотипуванням телиць, має найвище селекційне прискорення створення гомозиготної популяції за бета-казеїном A2A2.

Формування унікальної мікропопуляції за бета-казеїном у стаді української чорно-рябої молочної породи потребує значного часу, бо згідно даних генетичних досліджень встановлено, що у стаді української чорно-рябої молочної породи більша частота характерна гетерозиготним генотипам A1A2 45-48%, а частота бажаного гомозиготного генотипу A2A2 складала 26-29%.

Наявна генетична структура плідників голштинської та української чорно-рябої молочної породи за широкого їхнього використання у процесі відтворення дозволяє формувати у наступних поколіннях гомозиготні за бажаними ознаками популяції. Племінне поголів'я української чорно-рябої молочної породи (33-53% гомозигот A2A2 і 27-54 % гетерозигот A1A2) гарантує збільшення частоти особин з генотипом A2A2 за бета-казеїном у наступних поколіннях, особливо за умови використання гомозиготних плідників A2A2 за бета-казеїном.

У результаті аналізу показників молочної продуктивності корів української бурої молочної породи залежно від генотипу за бета-казеїном встановлено, що тварини з генотипом A2A2 не поступаються за величиною надою, кількістю молочного жиру та білка тваринам інших генотипів. За показниками кращої лактації гомозиготні корови з генотипом A2A2 переважали тварин інших генотипів за величиною надою, кількістю молочного жиру і білка.

Згідно результатів аналізу показників росту і розвитку молодняка, відтворювальної здатності поголів'я, молочної продуктивності первісток та повновікових корів можна констатувати, що формування стад з генотипом А2А2 за бета-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько-корисні ознаки тварин і таким чином забезпечить збереження бажаних показників продуктивності худоби під час створення стад з унікальними якісними характеристиками.

Визначені частоти алелів та генотипів за локусом капа-казеїну у межах досліджуваних порід. Встановлено, що породи молочної худоби України суттєво відрізняються між собою за даною ознакою. Генетична рівновага, виявлена нами при дослідженнях, відображає загальнобіологічні тенденції в породних популяціях та свідчить про відсутність цілеспрямованої селекції у напрямку збільшення рекомендованих у технологічному плані гомозигот ВВ.

Бугаї з генотипом ВВ за капа-казеїном забезпечують достатній рівень молочної продуктивності потомків у поєднанні з науково підтвердженою сиропридатністю молока. Частота алеля В капа-казеїну в стаді молочної худоби може бути підвищена шляхом використання бугаїв-плідників, що мають В-алельний варіант капа-казеїну в своєму геномі.

База даних бугаїв-плідників, допущених до використання в Україні, оцінених за генотипом капа-казеїну дозволяє встановити позитивну перспективу можливості формування стад, укомплектованих тваринами з генотипом капа-казеїну ВВ в Україні. Встановлено, що бугаї досліджуваних порід мають різну частоту алелів капа-казеїну. Найбільшою частотою гомозигот ВВ відрізняються бугаї-плідники швіцької та джерсейської порід (відповідно 100 та 86,2 %). Частота розподілу алеля В капа-казеїну у бугаїв різних порід була вищою у тварин швіцької (1,00), джерсейської (0,931) та монбельярдської порід (0,813).

Бугаї-плідники генотипу ВВ за показниками продуктивності дочок не поступаються бугаям-плідникам з генотипами АА та АВ, у той же час

забезпечують підвищену сиропридатність молока, що робить економічно доцільним їхнє широке використання.

За результатами генетичних досліджень встановлено, що у стадах української чорно-рябої молочної породи генотип худоби за капа-казеїном суттєво залежав від походження. Тваринам сумського типу української чорно-рябої молочної породи характерна більша частота гомозиготних генотипів – 80%, при цьому частота алелів у тварин різного походження майже однакова. Походження за батьком також мало суттєвий вплив на генотип тварин за даною ознакою. Результати досліджень впливу генотипу за капа-казеїном на показники росту і молочну продуктивність худоби українських бурої та чорно-рябої молочної порід засвідчують, що формування стад з генотипом ВВ за капа-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько-корисні ознаки тварин, і таким чином, забезпечить збереження бажаних показників продуктивності худоби стад нового типу.

Результати вивчення технологічних якостей молока при виробництві твердого сиру, зокрема показників сиропридатності дозволяють стверджувати, що молоко, яке отримане від української бурої молочної і лебединської порід корів, може бути використано для виробництва сиру за скороченим технологічним процесом. Внаслідок цього можуть бути скорочені енергетичні витрати на виробництво, та зменшиться собівартість сиру.

Вивчення частоти комплексних генотипів за бета-та капа-казеїном у популяціях великої рогатої худоби України показало, що у тварин лебединської породи найчастіше зустрічалися три генотипи: А1А2/АВ (23%), А2А2/АВ (26%), А2А2ВВ (17%). У корів української бурої молочної породи частіше всього спостерігалися чотири генотипи: А1А2/АА (20%), А1А2/АВ (21%), А2А2/ВВ (31%), А2А2/АВ (16%). Симентальській породі в більшості випадків були характерні три комплексні генотипи: А2А2/АА (22%), А1А2/АВ (21%), А2А2/АВ (19%). У корів української чорно-рябої молочної

породи найчастіше зустрічалися три комплексні генотипи: A1A2/AA (27%), A2A2/AA (23%) та A1A1/AB (23%).

Вивчення результатів 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-казеїну. У результаті наших досліджень виявлено 16 комбінацій таких генотипів. Більшість з плідників мали комплексний генотип A2A2/AB. Частка бугаїв-плідників бажаного комплексного генотипу A2A2/BB складала 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).

У плідників лебединської породи зафіксовано досить високу частоту зустрічі алельного варіанту A2 локусу бета-казеїну (46%), що дозволяє проводити подальшу селекцію зі створення мікропопуляцій з бажаним генотипом A2A2. Виявлено дещо нижчу частоту зустрічі алельного варіанту B локусу капа-казеїну (33%), але достатню для проведення селекції з покращення показників сиропридатності. Встановлено, що більшою частотою алеля бета-казеїну A2 характеризувалися чистопородні бугаї лебединської породи, алеля капа-казеїну B – помісні зі швіцькою породою бугаїв-плідники, що пояснюється особливістю селекційної роботи. Бажаним генотипом A2A2/BB характеризувався бугай Фінал 1008, якого ми рекомендуємо для використання у процесі створення мікропопуляцій з бажаним комплексним генотипом A2A2/BB.

Дослідженнями доведено відсутність негативного впливу комплексного генотипу CSN2/CSN3 на господарсько-корисні ознаки тварин українських бурої та чорно-рябої молочних порід (зокрема ріст телиць, відтворювальну здатність поголів'я, показники молочної продуктивності худоби).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше в Україні досліджена генетична структура популяцій молочних та комбінованих порід,



у тому числі локальних, за поліморфізмом гену бета-казеїну, що дало змогу встановити частоту за цим показником у тварин вітчизняних популяцій. Розроблені селекційні заходи зі створення мікропопуляцій худоби із заданими унікальними властивостями. Проведене генотипування тварин щодо генів бета- та капа-казеїну дало змогу вперше в Україні оцінити досліджувану популяцію худоби щодо комплексних генотипів та встановити їхній вплив на розвиток основних господарсько-корисних ознак тварин. Вивчено склад, технологічні властивості молока, та якість сиру з нього, отриманого від корів різних порід. Проведено аналіз бугаїв лебединської породи і споріднених популяцій за даними полілокусного ISSR–PCR типування з метою збереження та покращення популяції лебединської худоби як найбільшого серед досліджених порід носія бажаного генотипу A2A2 за бета-казеїном. Визначено економічну ефективність виробництва молока від корів з генотипом A2A2 за бета-казеїном в умовах конкретного господарства.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати досліджень були використані при формуванні мікропопуляції з бажаним генотипом A2A2 за бета-казеїном в умовах ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України, і сприяли розробці ТУ «Молоко питне А2», ТУ «Сири м'які А2», ТУ «Йогурт А2» та наступному виробництві даних молочних продуктів в умовах приватної сироварні «O'BEREG» м. Суми. Розроблена методика створення мікропопуляцій з генотипом A2A2 за бета-казеїном може бути методологічною основою для подальшого створення подібних мікропопуляцій. Матеріали досліджень дисертанта використовуються у тематичних розробках лабораторії тваринництва та кормовиробництва Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України та в навчальному процесі на біолого–технологічному факультеті Сумського національного аграрного університету при підготовці здобувачів вищої освіти спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва».

**Ключові слова:** бета-казеїн, капа-казеїн, комплексний генотип, бугаї-плідники, ріст, відтворювальна здатність, молочна продуктивність

## ABSTRACT

**Pavlenko Y.M.** Formation of livestock micropopulations with unique productive properties using breeding and genetic methods. – Qualifying research manuscript copyright.

Dissertation for a Doctor of Sciences in Agriculture degree in specialty 06.02.01 "Animal Husbandry and Breeding". - Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The dissertation describes the methodological approaches to the formation of livestock micropopulations with unique productive properties, developed using breeding and genetic methods based on the results of DNA testing of cattle for beta-casein loci through mathematical and statistical analysis of quantitative and qualitative indicators of livestock milk productivity, chemical composition of milk, ontogenetic development of young animals. Within the research the analysis of the herd by kappa-casein genotypes and complex genotype by beta- and kappa-casein has been made and the possibility of preserving unique local livestock populations using population genetic methods was studied.

According to the results of DNA testing of the beta-casein locus for the presence of A1 and A2-allelic variants in cows of the studied breeds it has been founded that the highest frequency of the desired homozygous genotype A2A2 is characterized by animals of the Lebedyn cattle breed (57%). Ukrainian brown dairy cows also had a high frequency of this genotype (46%). Animals of the Simmental breed had a slightly lower frequency rate of the desired genotype (42%), and animals of the Ukrainian black and red pied dairy breeds were characterized by a frequency of 38 and 36%, respectively. The highest frequency of heterozygous A1A2 genotype was characteristic of Simmental breed animals (51%). This

frequency was somewhat lower in cows of the Ukrainian brown dairy, Ukrainian black pied dairy, and Ukrainian red pied dairy breeds - in the range of 45-46%. The lowest rate was recorded in Lebedyn cattle breed - 33%. Genotype A1A1 was most often registered in cattle of Ukrainian black pied and red pied breeds - in the range of 17-18%.; the rarest - among Simmental breed - 7%.

Research has established that the degree of homozygosity in the studied populations of the cattle in breeding stock for the beta-casein gene is in the range of 51.6-61.0%, and it was higher in animals of the Lebedyn cattle breed. Ukrainian black pied and red pied dairy breeds were characterized by a greater number of effective alleles. The heterozygosity test (HGT) showing the level of genetic diversity of the population, was negative in cows of the Lebedyn breed, black pied and red pied dairy breeds, it is an evidence a smaller proportion of actual heterozygotes compared to the proportion of theoretical heterozygotes for the corresponding casein alleles.

Among the studied samples of stud bulls genetic material, the highest frequency of the desired A2A2 genotype was in animals of the Ukrainian brown dairy breed and Lebedyn breed, which were obtained as a result of custom mating in measures of the research work on the preservation of brown cattle in Ukraine - 52-60%. The Lebedyn stud bulls, whose sperm is stored in the gene pool, had the frequency of the A2A2 genotype at the level of 17%. But at the same time, they have the highest frequency of heterozygous A1A2 genotype - 58%. Genotype A1A1 was not recorded in stud bulls of the Ukrainian brown dairy and Lebedyn breeds. Among the stud bulls of Ukrainian black pied and red pied dairy breeds, the desired genotype A2A2 occurred with a frequency of 30-33%, the highest frequency was characterized by the genotype A1A2 - 38-43%, respectively. In Simmental stud bulls, the frequency of genotype A2A2 was 46%, A1A2 – 39%, A1A1 – 15%.

The established frequencies of alleles and beta-casein genotypes locus indicate that the breeds of dairy cattle bred in the North-East of Ukraine differ significantly in this trait. The obtained results indicate the absence of breeding in

the direction of creating herds of animals with the A2A2 beta-casein genotype. The exception is brown breed cattle, which is evidenced by the obtaining of bulls from custom matings, in which the frequency of the desired genotype is higher than 50%. Therefore, it is possible to claim that there are prospects for the rapid creation of such herds in the populations of the Lebedyn and Ukrainian brown dairy breeds.

According to the data analysis of the Catalog of dairy and dairy-meat stud bulls for the reproduction of breeding stock in 2020, it was established that more than 60% were evaluated by beta-casein genotype. In particular, among Holstein breed - 61% of animals, from 59 Jersey breed animals - 83%; from 17 Brown Swiss animals - 77%; from 17 Simmental breed animals - 53%; from 13 Montbéliard animals - 62%; from 8 stud bulls of Red Danish breed - 100%; from 7 Norwegian Red stud bulls - 71%; from 8 Ayrshire animals - 75%.

The distribution frequency of alleles of the beta-casein gene in approved stud bulls of different breeds was as follows. The largest share of the desired A2 allele was found in local breed stud bulls of Danish Red, Norwegian Red and Jersey breeds. A smaller share of this allele characterized stud bulls of the Holstein and Ayrshire breeds. Accordingly, stud bulls of these breeds were characterized by a greater share of the A1 allele, and Danish Red stud bulls had the lowest share of it. Considering the great saturation of breeding herds in the northeastern region of Ukraine with animals with the A2A2 beta-casein genotype and the significant amount of the genetic material of stud bulls with the desired genotype in the world's leading breeding companies, the historical regionalization of brown cattle in agricultural enterprises of Sumy Oblast and the need to preserve unique livestock, this region has all the prerequisites for the creation of micropopulations with unique productive properties.

The genetic structure of Lebedyn breed stud bulls (80% of beta-casein A2 gene heterozygous), which are available, allows the formation of homozygous populations for this trait in subsequent generations. The involvement of stud bulls of the Original German brown breed (OBV) to the reciprocal crossing of 100% (A2A2) gives a chance to accelerate the increase in the stock of homozygous male

calves and heifers for breeding. The breeding stock of the Lebedyn cattle breed (62% homozygotes and 38% heterozygotes) allows us to predict a significant increase in beta-casein A2A2 homozygosity in the next generation, especially when using homozygous stud bulls. The selection model proposed by us (table 12, 13) in combination with the use of sexed semen and genotyping of heifers has the highest selection acceleration for the creation of a beta-casein A2A2 homozygous population.

The formation of a unique beta-casein micropopulation in the herd of the Ukrainian black pied dairy breed requires considerable time. According to the data of genetic studies, it was established that in the herd of the Ukrainian black pied dairy breed, a higher frequency is characteristic of heterozygous A1A2 genotypes 45-48%, and the frequency of the desired homozygous genotype A2A2 was 26-29%.

The existing genetic structure of Holstein and Ukrainian black pied dairy breeds stud bulls, due to their wide use in the reproduction process, allows the formation of populations homozygous for the desired traits in subsequent generations. The breeding stock of the Ukrainian black pied dairy breed (33-53% A2A2 homozygotes and 27-54% A1A2 heterozygotes) guarantees an increase in the frequency of individuals with the A2A2 beta-casein genotype in the following generations, especially if using homozygous A2A2 beta-casein stud bulls.

After the milk productivity indicators analysis of the Ukrainian brown dairy breed depending on the beta-casein genotype. It was established that animals with the A2A2 genotype are not inferior to animals of other genotypes in terms of milk yield, amount of milk fat and protein. According to indicators of better lactation, homozygous cows with the A2A2 genotype prevailed over animals of other genotypes in milk yield, amount of milk fat and protein.

According to the results of growth and development indicators analysis in young animals, reproductive capacity of livestock, milk productivity of first calving and adult cows, it can be stated that the formation of herds with beta-casein genotype A2A2 will not have a reliable negative impact on the economic and

useful characteristics of animals. Accordingly it will ensure the preservation of desired livestock productivity indicators during the creation of herds with unique quality characteristics.

Frequencies of alleles and kappa-casein locus genotypes within the studied breeds were determined. It has been established that breeds of dairy cattle of Ukraine differ significantly in this trait. The genetic balance revealed by us during the research reflects the general biological trends in breeding stocks and indicates the absence of purposeful breeding in the direction of increasing the BB homozygotes recommended in the technological plan.

Stud bulls with the BB kappa-casein genotype ensure a sufficient level of milk productivity of the offspring in combination with scientifically proven cheese making suitability of milk. The frequency of the B kappa-casein allele in a herd of dairy cattle can be increased by using stud bulls that have the B-allele variant of kappa-casein in their genome.

The database of stud bulls approved for use in Ukraine, evaluated according to the kappa-casein genotype allows establishing a positive perspective of the possibility of forming herds having animals with the BB kappa-casein genotype in Ukraine. It was established that bulls of the studied breeds have different frequencies of kappa-casein alleles. Breeding bulls of the Brown Swiss and Jersey breeds distinguish the highest frequency of BB homozygotes (100 and 86.2%, respectively). The distribution frequency of the B kappa-casein allele in bulls of different breeds was higher in animals of the Swiss (1.00), Jersey (0.931) and Montbéliard breeds (0.813).

Stud bulls of the BB genotype are not inferior to stud bulls with AA and AB genotypes in terms of daughter productivity, at the same time they provide increased cheese making suitability of milk, which makes their utilization economically feasible.

According to the results of genetic studies, it was established that in the herds of the Ukrainian black pied dairy breed, the kappa-casein genotype of cattle significantly depended on the origin. Animals of the Sumy type of the Ukrainian

black pied dairy breed are characterized by a higher frequency of homozygous genotypes - 80%, while the frequency of alleles in animals of different origins is almost the same. Paternal origin also had a significant impact on the genotype of animals for this trait. The results of kappa-casein genotype influence studies on the growth indicators and milk productivity of Ukrainian brown and black pied dairy cattle show that the formation of herds with the BB kappa-casein genotype will not have a reliable negative effect on the economically beneficial characteristics of animals. Thus, it will ensure the preservation of the desired livestock performance indicators in herds of new type.

The results of the technological qualities of milk in the production of hard cheese study, in particular the indicators of cheese making suitability, allow us to state that the milk obtained from the Ukrainian brown dairy and Lebedyn cattle breeds can be used for the production of cheese according to a shortened technological process. As a result, energy costs for production can be reduced, and the cost price of cheese will decrease.

The study of the frequency of complex beta- and kappa-casein genotypes in the cattle populations of Ukraine showed that three genotypes were most often found in animals of the Lebedyn cattle breed: A1A2/AB (23%), A2A2/AB (26%), A2A2BB (17%) . In cows of the Ukrainian brown dairy breed, four genotypes were most often observed: A1A2/AA (20%), A1A2/AB (21%), A2A2/BB (31%), A2A2/AB (16%). In most cases, the Simmental breed was characterized by three complex genotypes: A2A2/AA (22%), A1A2/AB (21%), A2A2/AB (19%). Three complex genotypes were most often found in cows of the Ukrainian black pied dairy breed: A1A2/AA (27%), A2A2/AA (23%) and A1A1/AB (23%).

The study of the evaluation results of stud bulls approved for use in 2020 in Ukraine showed that among Holstein stud bulls, only 43% were evaluated by beta- and kappa-casein gene polymorphisms. According to our research, 16 combinations of such genotypes were found. Most of the stud bulls had the complex genotype A2A2/AB. The share of stud bulls of the desired complex genotype A2A2/BB was 8.49%. The total frequency of stud bulls with the A2A2 beta-casein genotype was

34.22%, while their variants by the kappa-casein genotype were different (AA, AB, BB). The frequency of stud bulls by BB kappa-casein genotype was 17.78%, with different variants of the beta-casein genotype (A1A1, A1A2, A2A2).

A fairly high frequency of the A2 allelic variant of the beta-casein locus (46%) was recorded in stud bulls of the Lebedyn cattle breed, which allows further selection to create micropopulations with the desired A2A2 genotype. A slightly lower frequency of the allelic variant B of kappa-casein locus (33%) was revealed, but it was sufficient for breeding to improve the parameters of orphanhood. It was established that the purebred stud bulls of the Lebedyn cattle breed were characterized by a higher frequency of the beta-casein A2 allele, while the kappa-casein B allele was characterized by stud bulls crossbred with the Swiss breed, which is explained by the peculiarity of the breeding work. In the process of creation micropopulations with the desired complex genotype A2A2/BB, we recommend to use the stud bull Final 1008, characterized by the desired genotype A2A2/BB.

Studies have proven the absence of a negative effect of the CSN2/CSN3 complex genotype on the economically useful traits of animals of Ukrainian brown and black pied dairy breeds (in particular, the growth of heifers, the reproductive ability of livestock, indicators of livestock milk productivity).

**Scientific novelty of the obtained results.** For the first time in Ukraine, the genetic structure of populations of dairy and mixed breeds, including local ones, was researched by polymorphism of the beta-casein gene, which made it possible to establish the frequency of this indicator in animals of domestic populations. Breeding measures to create livestock micropopulations with given unique traits have been developed. Genotyping of animals by beta- and kappa-casein genes made it possible, for the first time in Ukraine, to evaluate the studied population of livestock considering complex genotypes and made it possible to establish their influence on the development of the main economic and useful traits of animals. The composition, technological properties of milk, and the quality of cheese made from the milk taken from cows of various breeds were studied. An analysis of



Lebedyn cattle breed and related populations was carried out according to the data of polylocus ISSR–PCR typing with the aim of preserving and improving the population of Lebedyn cattle breed as the largest carrier of the desired A2A2 beta-casein genotype among the studied breeds. The economic efficiency of milk production with cows having the A2A2 beta-casein genotype under the conditions of a specific farm was determined.

**Practical significance of the obtained results.** The results of the research were used in the formation of a micropopulation with the desired A2A2beta-casein genotype at the facilities of the Institute of Agriculture of the North East of the National Academy of Sciences of Ukraine. The research contributed to the development of full product specifications (FPS) "Drinking milk A2", FPS "Soft cheeses A2", FPS "Yogurt A2 " and subsequent production of these dairy products at the facilities of the private cheese factory "O'BEREG" in Sumy. The developed method of creating micropopulations with the A2A2 genotype by beta-casein can be a methodological basis for the further creation of similar micropopulations. The dissertation research materials are used in the thematic developments of the laboratory of animal husbandry and fodder production of the Institute of Agriculture of the Northeast of the National Academy of Sciences of Ukraine. These materials are also used in the educational process at the Faculty of Biology and Technology of the Sumy National Agrarian University for students in the specialty 204 "Technology of production and processing of animal husbandry products".

**Keywords:** *beta-casein, kappa-casein, complex genotype, stud bulls, growth, reproductive ability, milk productivity*

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ****Статті у виданнях, що входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science**

1. Ladyka V., Skliarenko Y., Pavlenko Y., Metlytska O., Ivankova I. Molecular-Genetic Analysis of Cows Genetic Structure and Determination of Genealogical Relatedness Level of Bulls of Modern Dairy Breeds. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2019. May 2019. Vol. 7, Issue 5. P. 405-411. (Здобувачем здійснено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті)
2. Ladyka V. I., Nazarenko Y. **Pavlenko Y. M.** Opara V. O. Determining the influence of the composition of milk from cows of different breeds on quality indicators for the dutch-type cheese. *Eastern-europeen journal of enterprise technologies*. 2019. 1/11 (97). P. 23–33 (Проведені експериментальні дослідження, зібрано дані первинного зоотехнічного обліку та проведено їхній аналіз).
3. Ladyka V. I., **Pavlenko Y. M.** Skliarenko Y. I. Genetic analysis of sires of lebedyn cattle and related populations. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering In Agriculture And Rural Development* 2019. Vol. 19, Issue 4. P. 149–159. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).
4. Ladyka V., Pavlenko Y. and Sklyarenko Y.  $\beta$ -casein gene polymorphism use in terms of brown dairy cattle preservation. *Arch. Zootec.* 2021. Vol. 70 (269). P. 88-94. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).
5. Ladyka V., Drevytska T., **Pavlenko J.**, Skliarenko Y., Lahuta T., Drevytskyi T., Dosenko T. Evaluation of cow genotypes by kappa-casein of dairy breeds. *Acta fytotechn zootechn.* 2022. Vol.25, (1). P. 1–6. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, здійснена статистична обробка, написання статті).

### Статті у наукових фахових виданнях України

6. **Бойко Ю. М.** Продуктивні якості худоби лебединської породи на сучасному етапі селекції. *Вісник Сумського НАУ. Серія: «Тваринництво»*. Суми, 2014. Вип. 2/1 (24). С. 79–84. (Проведені експериментальні дослідження, зібрані дані первинного зоотехнічного обліку та проведені їхній аналіз).
7. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Перспективи збереження лебединської породи. *Розведення і генетика тварин*. Київ, Вип. 55, К.: Аграрна наука, 2018. С. 225–235. (Здобувачем проведені узагальнення, прийнята участь у написанні).
8. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Характеристика генетичної структури плідників лебединської породи за геном капа–казеїну (CSN3). *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2018. Вип. 56. С.157–160. (Здобувачем проведені узагальнення, прийнята участь у написанні).
9. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.**, Малікова А. І. Порівняльна оцінка молочної продуктивності корів української бурої молочної породи різних генотипів за  $\beta$ –казеїном. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. Суми, 2020. Вип. 3(42). С. 3–7 (Здобувачем зібрано дані первинного племінного обліку, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).
10. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Характеристика генетичної структури плідників лебединської породи за генами бета (CSN2)– та капа–казеїну (CSN3). *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2020. Вип. 2(157). С.89–97 (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).
11. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Аналіз бугаїв–плідників молочних порід за комплексними генотипами бета– і капа казеїну. *Розведення*

*і генетика тварин*. Київ, 2020. Вип. 60. С.99–109 (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

12. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Характеристика генетичної структури за геном  $\beta$ -казеїну плідників, допущених до використання в Україні у 2020 році. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2020. Вип. 1(156). С.39–45. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

13. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Оцінка бугаїв–плідників за алельними варіантами гену капа–казеїну. *Подільський вісник*, Кам'янець Подільський, 2020. Вип. 32. С. 45–53. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

14. Хмельничий Л. М., **Павленко Ю. М.** Генетичні маркери в селекції та збереженні генофонду бурої худоби Сумського регіону. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: Тваринництво. Суми, 2021. Вип. 3(46). С. 3–6. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

15. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.** Скляренко Ю. І. Аналіз молочної продуктивності корів української бурої молочної породи різних генотипів за капа–казеїном. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2021. № 1. С. 74–81.(Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

16. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І., Малікова А. І. Особливості формування генеалогічної структури української чорно–рябої молочної породи в Сумському регіоні та дослідження її впливу на генотип корів за  $\beta$ -казеїном. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: «Тваринництво». Суми, 2021. Вип. 1 (44). С. 3–10. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

17. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Склярєнко Ю. І. Формування генеалогічної структури худоби української чорно–рябої молочної породи в сумському регіоні та дослідження її впливу на генотип корів за капа–казеїном. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2021. Вип. 61. С. 126–136. (Здобувачем зібрані дані племінного обліку, проведено аналіз результатів досліджень, проведено статистичну обробку, написання статті).
18. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Склярєнко Ю. І. Зміна генетичної структури за генотипом  $\beta$ –казеїну у стаді худоби лебединської породи. *Вісник Сумського національного аграрного університету Серія "Тваринництво"*. Суми, 2021. Випуск 2 (45). С. 3–8. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, аналіз результатів досліджень, статистичну обробку, написання статті).
19. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Склярєнко Ю. І. Ладика Л. М., Левченко І. В. Вплив генотипу за бета–казеїном на якісні показники молока у худоби бурих порід. *Вісник Сумського національного аграрного університету Серія "Тваринництво"*. Суми, 2021. Вип. 4 (47). С. 7–12. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистичну обробку, написання статті).
20. **Павленко Ю. М.** Динаміка показників природної резистентності корів української чорно–рябої молочної породи упродовж лактації. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. С.184–190.
21. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Древицька Т. І., Досенко В. Є., Склярєнко Ю. І, Бартенєва Л. С. Дослідження поліморфізму гену бета–казеїну та його зв'язок з складом молока у корів симентальської порід. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2021. Вип. 62. С. 106–114. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, статистичну обробку, написання статті).
22. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Склярєнко Ю. І. Дослідження поліморфізму гена бета–казеїну та його зв'язок зі складом молока у корів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква,

2021. № 2. С. 92–100. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, зроблена статистична обробка, написання статті).

23. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І. Особливості формування господарсько–корисних ознак у корів сумського внутрішньопородного типу української чорно–рябої молочної породи різних генотипів за бета–казеїном. *Вісник Сумського національного аграрного університету Серія "Тваринництво"*. Суми, 2022. Вип. 2 (49). С. 20–22. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, здійснено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

24. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.**, Формування господарсько–корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних генотипів за капа–казеїном. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2022. Вип. 63. С. 161–168. (Здобувачем проведено експериментальні дослідження, здійснено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

25. Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І., Древицька Т. І., Досенко В. Є. Формування господарсько–корисних ознак у корів української чорно–рябої молочної породи різних генотипів за капа–казеїном. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2022. № 1. С. 83–89. (Здобувачем здійснено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).

26. Ladyka V., **Pavlenko Yu.**, Skliarenko Yu. Features of herd formation based on beta– and kappa–casein of different dairy cattle breeds. «*Animal Husbandry Products Production and Processing*», 2022. № 2. PP. 13–18. (Здобувачем здійснено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті)

#### Статті в закордонних виданнях

27. Ladyka V. I., Nazarenko Y. **Pavlenko Y. M.** Opara V. O. Research of organoleptic parameters of dutch cheese, prodused from milk of cows of different

breeds. *EUREKA: Life Sciences*. 2019. Number 1. P. 52–58 (Виконані дослідження, аналіз результатів, статистична обробка, підготовка статті).

### Наукові праці апробаційного характеру

28. Ладыка В. І., **Бойко Ю. М.** Екстер'єрні особливості бугаїв, які брали участь у створенні сумського типу в українській чорно-рябій молочній породі. *Матеріали міжнародної науково–практичної конференції, присвяченої 80–річчю від дня народження видатного вченого–селекціонера, доктора сільськогосподарських наук, професора, члена–кореспондента НААН Басовського Миколи Захаровича*. Біла Церква, 2015 С.13. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, здійснена статистична обробка, написання статті).

29. Ладыка В., Скляренко Ю., **Павленко Ю.** Методи сохранения и улучшения генофонда бурого скота Северо-Востока Украины. *Berkarar döwletimizniň bagtyýarlyk döwründe ylym, tehnika we innowasion tehnologiýalar» atly halkara ylmy maslahatyň nutuklarynyň gysgaça beýany*. V. I. Aşgabat, Ýlym, 2018. P. 203. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, написання статті).

30. Ladyka V., Hmelnychyi L., **Pavlenko Y.**, Skliarenko Y. Historical aspects of the creation, development and preservation of lebedinska breed at the present stage. *Konferencja Międzynarodowa LXXXIII Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*. Lublin, 2018. S. 22. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, написання статті).

31. Ладыка В. И., Скляренко Ю. И., **Павленко Ю. Н.** Показатели природной резистентности коров молочных пород Украины. 85 ania i Facultății de Agronomie – realizări și perspective: materialele Simpozionului Științific Internațional, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova. Chișinău, 2018. P. 222–226. (Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, написання статті).

32. Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.**, Щербак О. В., Троцький П. А. Селекційні та біотехнологічні підходи щодо збереження генофонду української бурої молочної породи. *Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини* : матеріали XVII Всеукраїнської науково–практичної конференції молодих вчених, присвяченій 100–річчю від дня народження доктора біологічних тварин Третевича В. І. Львів, 2018. Т. 20: Біологія тварин, № 4. С. 135. *(Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, написання статті).*
33. Ладыка В. И., Скляренко Ю. И., **Павленко Ю. Н.** Перспективные методы сохранения бурого скота северного востока Украины. «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: CENTRAL ASIA» атты V Халықар. ғыл.–тәж. конф. материалдары (X ТОМ)/ Қпұраст.: Е. Ешім, Е. Абиев т.б. Астана, 2019. С.60–63. *(Здобувачем здійснено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті)*
34. Малікова А., Ладика В., Скляренко Ю., **Павленко Ю.** Формування молочного стада для виробництва молока А2 с. Біологія тварин, 2020, т. 22, № 4. Матеріали конференції молодих вчених «Молоді вчені у розв’язанні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» 3–4 грудня 2020 р. – С. 76. *(Здобувачем здійснено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті)*
35. Ладыка В. И., **Павленко Ю. Н.**, Скляренко Ю. И. Производство молока А2 в Украине. *Наука и инновации: международная научная конференция молодых учёных.* Узбекистан, 2021. С. 224–226. *(Здобувачем здійснено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).*
36. Ладыка В.И.; **Павленко, Ю.Н.**; Скляренко, Ю.И. Влияние генотипа коров по каппа–казеинам на биохимический состав молока. Conferința științifico–practică cu participare internațională "Inovații în zootehnie și siguranța produselor animaliere – realizări și perspective". Maximovca, 2021, С. 385–389. *(Здобувачем*



*здійснено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).*

37. Ladyka V., **Pavlenko Y.**, Skliarenko Y. Preservation of Ukrainian Local Breeds of Cattle: Genetic and Economical Aspects. International Conference on Food, Agriculture and Animal Sciences. Erzurum, Turkey, 2021. P. 7. *(Здобувачем здійснено експериментальні дослідження, проведено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).*

38. Ладика В., **Павленко Ю.**, Скляренко Ю. Формування господарсько–корисних ознак у корів української чорно–рябої молочної породи різних комплексних генотипів CSN2/CSN3. *Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва: історія, проблеми, перспективи* : матеріали Всеукраїнської науково–практичної інтернет конференції присвяченої 45–річчю створення Сумського національного аграрного університету. Суми, 2022. С. 50–51. *(Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, здійснена статистична обробка, написання статті).*

39. **Павленко Ю.**, Ладика В., Скляренко Ю. Формування господарсько–корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних комплексних генотипів CSN2/CSN3. *Тези доповідей ХХ Всеукраїнської науково–практичної конференції молодих вчених, присвяченої 90–річчю від дня народження доктора біологічних наук, професора, члена–кореспондента НААН, заслуженого діяча науки і техніки України Макара Івана Арсентійовича.* м. Львів, 2022. С. 55. *(Здобувачем проведено аналіз результатів досліджень, здійснена статистична обробка, написання статті).*

#### **Додатково відображають наукові результати дисертації**

40. Історія Інституту розведення і генетики тварин у подіях, фактах, біографія учених / НААН, ІРГТ; наук. ред.. К.В. Копилов. Київ : ПП «Люксар», 2012. 368 с. *(Здобувачем проведено дослідження, статистична обробка, підготовка розділу).*

41. Селекційні, генетичні та біотехнологічні методи удосконалення і збереження генофонду порід сільськогосподарських тварин / М. В. Гладій, Ю. П. Полупан [та ін.] ; за ред.: М. В. Гладій, Ю. П. Полупан; ІРГТ ім. М. В. Зубця НААН. Полтава : ТОВ «Фірма «Техсервіс», 2018. 791 с. *(Здобувачем проведені дослідження, статистична обробка, підготовка розділу монографії).*
42. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Формування господарсько–корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних генотипів за бета–казеїном. *Тваринництво Степу України*. Том 1, № 1. 2022. С.22–28 *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, здійснено аналіз результатів досліджень, статистична обробка, написання статті).*
43. Особливості формування генеалогічної структури сумського внутрішньопородного типу української чорно–рябої молочної породи та генетична оцінка тварин за локусами пов’язаними з якісними показниками молочної продуктивності: монографія / В. І. Ладика, Ю. І. Скляренко, **Ю. М. Павленко** та ін. – Одеса : Олді+, 2022. – 286 с. *(Здобувачем проведені дослідження, статистична обробка, підготовка монографії).*
44. Conservation of gene pools of local cattle breeds / V. I. Ladyka, Yu. P. Polupan, U. V. Vdovichenko et al. Lublin, 2019. 167 p *(Здобувачем проведені дослідження, статистична обробка, підготовка монографії).*
45. Usage of DNA Testing by CSN2 and CSN3 Genes for conservation and Improvement of the North–East of Ukraine. Monograph. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2022. 152 p. *(Здобувачем проведені дослідження, статистична обробка, підготовка монографії).*

## З М І С Т

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	30
ВСТУП.....	32
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	39
1.1. Обґрунтування необхідності дослідження поліморфізму гену бета-казеїну в контексті його впливу на здоров'я людини.....	39
1.2. Сучасні дослідження щодо бета-казеїну молока у молочному скотарстві.....	45
1.3. Сучасні дослідження щодо капа–казеїну.....	54
1.4. Комплексні генотипи за бета– та капа–казеїном та їхній вплив на якісні характеристики молока.....	63
1.5. Обґрунтування напрямів власних досліджень.....	65
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	67
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ...	74
3.1. Оцінка порід великої рогатої худоби за поліморфізмом гену бета-казеїну.....	74
3.1.1. Характеристика генетичної структури за геном бета–казеїну плідників допущених до використання в Україні у 2020 році.....	80
3.1.2. Перспективи створення мікропопуляції бурої худоби з унікальними продуктивними властивостями за бета–казеїном на прикладі ПСП «Комишанське» Охтирського району .....	86
3.1.3. Зміна генетичної структури за генотипом бета–казеїну в стаді худоби лебединської породи за практичної реалізації методології створення мікропопуляцій на прикладі ПСП «Комишанське» Охтирського району .....	94
3.1.4 Молочна продуктивність худоби української бурої молочної породи залежно від генотипу за бета–казеїном.....	98
3.1.5. Формування господарсько–корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних генотипів за бета–казеїном.....	101
3.1.6. Ідентифікація поліморфізму гена CSN2, який кодує бета–казеїн, в українській чорно–рябій молочній породі великої рогатої худоби.....	106
3.1.7. Особливості формування унікальної мікропопуляції в стаді тварин сумського внутрішньопородного типу української чорно–рябої молочної породи.....	112
3.1.8 Господарсько–корисні ознаки худоби української чорно–рябої молочної породи залежно від генотипу за бета–казеїном.....	120

3.1.9 Вплив генотипу за бета-казеїном на якісні показники молока корів різних порід.....	122
3.1.9.1 Бета-казеїн і якість молока у худоби бурих порід .....	122
3.1.9.2 Бета-казеїн і якість молока у худоби симентальської породи .....	125
3.1.9.3 Бета-казеїн і якість молока у худоби української чорно-рябої молочної породи.....	126
3.1.9.4 Міжпородна диференціація худоби північно-східного регіону України різних генотипів за бета-казеїном за якістю молока.....	128
3.2. Капа-казеїн як невід’ємна складова процесу формування стад худоби з унікальними продуктивними властивостями.....	131
3.2.1. Перспектива формування унікальних мікропопуляцій згідно результатів генотипування поголів’я худоби молочних і комбінованих порід північного сходу України.....	131
3.2.2. Бугаї-плідники бажаних генотипів як лімітуючий фактор формування унікальних стад.....	137
3.2.3. Характеристика генетичної структури плідників допущених до використання в Україні у 2020 році за геном капа-казеїну.....	142
3.2.4. Молочна продуктивність худоби української бурої молочної породи залежно від генотипу за капа-казеїном.....	146
3.2.5. Вплив генотипу за капа-казеїном на показники росту і молочну продуктивність худоби української бурої молочної породи.....	149
3.2.6. Особливості біохімічного складу молока корів української бурої молочної породи.....	153
3.2.7. Особливості формування мікропопуляції худоби з унікальними продуктивними властивостями в стаді сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи.....	155
3.2.8. Вплив генотипу за капа-казеїном на показники росту і молочну продуктивність худоби української чорно-рябої молочної породи.....	160
3.2.9. Визначення складу, технологічних властивостей молока, отриманого від корів різних порід, що відрізняються частотою генотипів за капа-казеїном.....	163
3.2.10. Визначення хімічного складу та біологічної цінності сиру твердого голландського.....	168
3.3. Вивчення частоти комплексних генотипів за бета-та капа-казеїном у популяціях великої рогатої худоби України.....	172
3.3.1. Аналіз бугаїв-плідників молочних порід, допущених до використання у 2020 році, за комплексними генотипами бета- і капа-казеїну.....	179
3.3.2. Характеристика генетичної структури плідників лебединської породи за генами бета (CSN2)- та капа-казеїну (CSN3).....	186
3.3.3. Формування господарсько-корисних ознак у корів української	

бурої молочної породи різних комплексних генотипів CSN2/CSN3.....	191
3.3.4. Формування господарсько-корисних ознак у корів української чорно-рябої молочної породи різних комплексних генотипів CSN2/CSN3.....	194
3.4. Передумови збереження мікропопуляцій локальних та зникаючих порід України.....	197
3.4.1. Генетичний аналіз бугаїв лебединської породи і споріднених популяцій за даними полілокусного ISSR–PCR типування з метою збереження та покращення унікальної популяції лебединської худоби...	198
3.4.2. Оцінка бугаїв–плідників за генотипом бета–казеїну в контексті передумов збереження унікальних популяцій худоби в Україні.....	207
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА ВІД КОРІВ З ГЕНОТИПОМ А2А2 ЗА БЕТА–КАЗЕЇНОМ....	212
РОЗДІЛ 5 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	214
ВИСНОВКИ.....	225
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	228
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	229
ДОДАТКИ.....	255

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,****СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

- ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота;
- $\beta$ -казеїн – бета-казеїн;
- OBV – оригінальна бура німецька порода;
- ПЛР – полімеразна ланцюгова реакція;
- Ф – фактичний розподіл генотипів;
- О – очікуваний розподіл генотипів;
- УЧРМ – українська чорно-ряба молочна порода;
- СВТ – сумський внутрішньопородний тип;
- CSN2 – ген, що кодує бета-казеїн;
- CSN3 – ген, що кодує капа-казеїн;
- СМРА – імунологічна реакція на один або декілька молочних білків;
- A1, A2 – алелі гену бета-казеїну;
- A, B, E – алелі гену капа-казеїну;
- $\chi^2$  – критерій, тестова статистика якого при виконанні нульової гіпотези має розподіл Фішера;
- Но – фактична гетерозиготність;
- Не – очікувана гетерозиготність;
- Fis – фіксаційний індекс;
- Ca – ступінь гомозиготності;
- Na – рівень поліморфності;
- D – коефіцієнт ексцесу;
- СЗМЗ – сухий знежирений молочний залишок;
- Milk – індекс перевищення дочок за надоем середнього значення популяції;
- Fat – індекс перевищення дочок за вмістом жиру в молоці середнього значення популяції;

Prot – індекс перевищення дочок за білком середнього значення популяції;

NM\$ – економічний індекс позиттивного прибутку;

FM\$ – економічний індекс прибутку за молоком;

CM\$ – економічний індекс прибутку за сиром;

GM\$ – економічний індекс позиттивного прибутку на пасовищах;

НААН – національна академія аграрних наук;

ПОСП – приватно–орендне сільськогосподарське підприємство;

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю;

ТДВ – товариство з додатковою відповідальністю;

ДП – державне підприємство;

ДГ – дослідне господарство;

ІСГПС – інститут сільського господарства Північного Сходу;

СУЛ – марка ДКПТ;

Л – лебединська порода;

Ш – швіцька порода;

n – кількість тварин;

P – рівень вірогідності статистичного параметра;

ПЗ –племінний завод;

M – середня арифметична величина;

m – похибка середньої арифметичної величини;

міс. – місяців;

рр. – років

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасні реалії господарювання потребують підвищення вимог до якості молока та продукції з нього. Досягти відмінного результату можливо лише за умови використання в селекції худоби оцінки нових селекційних ознак, що базуються на досягненні наук генетики та селекції. З'являється необхідність використання генетичних маркерів, які є необхідним елементом забезпечення високої економічної ефективності у процесі виробництва і переробки молока (Копилов К., 2016).

Методи сучасної молекулярної генетики дають змогу поєднувати традиційні селекційні методи і селекцію на рівні ДНК. Алелі генів казеїну можна вважати потенційними маркерами молочної продуктивності і в подальшому використовувати як один із засобів удосконалення добору худоби (Копилов К., 2016; Kyselová J. et al., 2019; Miluchová M. et al., 2017). Наразі до генетичних маркерів, які мають найбільший внесок у процес формування ознак молочної продуктивності, належить ген капа-казеїну, бета-казеїну та інші. Вчені наголошують, що оптимальний біохімічний склад молока та його технологічні характеристики під час переробки на сир забезпечуються не лише факторами середовища, а й особливостями генотипу худоби та його постійним контролем у програмах селекції (Adamov N. et al., 2020; Amalfitano N., et al., 2018; Kyselová J., et al., 2019; Molec A., et al., 2015; Zepeda-Batista J. L., et al., 2017).

Варіанти гену казеїну слугують інструментом для різноманітних характеристик тварин і породи в цілому. Зважаючи на те, що молоко використовується у харчуванні людини, визначення алелів, пов'язаних з різними видами білку, може бути застосоване у процесі виробництва даного виду продукту з особливими харчовими якостями (Caroli A. M., 2009).

Окреслені вище наукові питання визначають актуальність і підтверджують необхідність пошуку нових маркерів, які здатні забезпечити виявлення у молочному скотарстві нашої країни стад худоби з унікальними



продуктивними особливостями, що забезпечується бажаним генотипом за казеїном, шляхом впровадження сучасних методів селекційної роботи з породами із застосуванням новітніх методик з виявлення специфічних послідовностей ДНК.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Дисертаційна робота була складовою частиною плану науково-дослідних робіт Сумського національного аграрного університету за держбюджетною тематикою, що виконується на замовлення Міністерства освіти і науки України «Методологія формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційних, генетичних та біотехнологічних методів» (термін виконання 2020-2022 р.р., державний реєстраційний номер 0120U102006), «Обґрунтування методології удосконалення і збереження популяції бурої худоби в умовах північно-східного регіону України» (термін виконання 2017-2019 р.р., державний реєстраційний номер 0117U004253), входила до складу плану науково-дослідних робіт кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва та кінології Сумського національного аграрного університету згідно теми "Удосконалення великої рогатої худоби молочних та комбінованих порід у відкритих популяціях за використання сучасних методів оцінки генотипу тварин та системи збору селекційної інформації"(2016-2021 р.р., державний реєстраційний номер 0116U005386).

Частина науково-дослідних робіт за темою дисертації була виконана згідно плану науково-дослідних робіт Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України за темою «Обґрунтувати селекційно-генетичні механізми збереження генофонду молочної худоби та розвитку кількісних і якісних ознак продуктивності в популяціях вітчизняних порід Північного Сходу України (2021-2023 р.р., державний реєстраційний номер 0121U108692)».

**Мета і завдання досліджень.** Метою роботи є розробка і впровадження в практику молочного скотарства методологічних підходів

щодо формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями, розроблених за використання селекційно-генетичних методів на основі результатів ДНК-тестувань великої рогатої худоби за локусами казеїну шляхом математично-статистичного аналізу кількісних та якісних показників молочної продуктивності худоби, хімічного складу молока, онтогенетичного розвитку молодняка, вивчення можливості збереження унікальних локальних популяцій худоби за використання популяційно-генетичних методів.

Задля реалізації визначеної мети наукових досліджень виконувались наступні завдання:

- оцінити генетичну структуру маточного поголів'я молочних та комбінованих порід, у тому числі локальних, північно-східного регіону України за бета-, капа-казеїном та комплексним генотипом за бета- і капа-казеїнами;

- провести оцінку бугаїв молочних та комбінованих порід, у тому числі локальних, за бета-, капа-казеїном та комплексним генотипом за бета- і капа-казеїнами;

- визначити перспективи створення мікропопуляції худоби з унікальними продуктивними властивостями за казеїном та розробити методику створення популяції молочних та комбінованих порід, у тому числі локальних, з бажаним генотипом за геном бета-казеїну;

- дослідити формування господарсько-корисних ознак у корів молочних та комбінованих порід, у тому числі локальних, різних генотипів за бета- та капа- казеїном та їхніх поєднань;

- вивчити склад, технологічні властивості молока, отриманого від корів різних порід та якість сиру з нього;

- провести генетичний аналіз бугаїв лебединської породи і споріднених популяцій за даними полілокусного ISSR–PCR типування з метою збереження та покращення унікальної популяції лебединської худоби;

– оцінити генотипи бугаїв-плідників за казеїном в контексті передумов створення та збереження популяцій худоби з генотипом A2A2 за бета-казеїном в Україні;

– визначити економічну ефективність виробництва молока від корів з генотипом A2A2 за бета-казеїном.

**Об'єкт досліджень:** ознаки продуктивності детерміновані генами казеїну в мікропопуляціях худоби молочних та комбінованих порід північно-східного регіону України.

**Предмет досліджень:** кількісні та якісні показники молока і молочної продукції, поліморфізм генів та їхня асоціація з ознаками молочної продуктивності, показники розвитку ремонтних телиць, відтворна здатність худоби, племінна цінність бугаїв-плідників різної селекції у межах мінливості генотипів за казеїновими фракціями.

**Методи дослідження:** у роботі використані генетичні, зоотехнічні (молочна продуктивність, тривалість життя); популяційні (оцінка бугаїв-плідників, генеалогія); біометричні (обчислення середніх величин, різниці між ними та їхніх похибок та вірогідності показників); економічні (розрахунок економічної ефективності розведення корів з генотипом A2A2 за бета-казеїном).

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше в Україні досліджена генетична структура популяцій молочних та комбінованих порід, у тому числі локальних, за поліморфізмом гену бета-казеїну, що дало змогу встановити частоту за цим показником у тварин вітчизняних популяцій. Розроблені селекційні заходи зі створення мікропопуляцій худоби із заданими унікальними властивостями. Проведене генотипування тварин щодо генів бета- та капа-казеїну дало змогу вперше в Україні оцінити досліджувану популяцію худоби щодо комплексних генотипів та встановити їхній вплив на розвиток основних господарсько-корисних ознак тварин. Вивчено склад, технологічні властивості молока, та якість сиру з нього, отриманого від корів різних порід. Проведено аналіз бугаїв лебединської

породи і споріднених популяцій за даними полілокусного ISSR–PCR типування з метою збереження та покращення популяції лебединської худоби як найбільшого серед досліджених порід носія бажаного генотипу A2A2 за бета-казеїном. Визначено економічну ефективність виробництва молока від корів з генотипом A2A2 за бета-казеїном в умовах конкретного господарства.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.** Забезпечена проведенням селекційних та генетичних досліджень у виробничих та лабораторних умовах, використанням сучасних методів досліджень, математичних методів обробки отриманих експериментальних даних із застосуванням сучасних інформаційних систем.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати досліджень були використані при формуванні мікропопуляції з бажаним генотипом A2A2 за бета-казеїном в умовах ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України, і сприяли розробці ТУ «Молоко питне А2», ТУ «Сири м'які А2», ТУ «Йогурт А2» та наступному виробництві даних молочних продуктів в умовах приватної сироварні «О'BEREG» м. Суми. Розроблена методика створення мікропопуляцій з генотипом A2A2 за бета-казеїном може бути методологічною основою для подальшого створення подібних мікропопуляцій. Матеріали досліджень дисертанта використовуються у тематичних розробках лабораторії тваринництва та кормовиробництва Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України та в навчальному процесі на біолого–технологічному факультеті Сумського національного аграрного університету при підготовці здобувачів вищої освіти спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» при викладанні дисциплін «Технологія виробництва молока та яловичини», «Розведення сільськогосподарських тварин» (протокол № 2 від 22 жовтня 2022 р.).

**Реалізація роботи.** Наукові розробки упроваджено: у ПСП «Комишанське» акт від 07 грудня 2022 року; ТДВ «Племзавод

«Михайлівка», акт від 06 грудня 2022 року; ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу, акт від 01 грудня 2022 року; ФОП Опришко Д.В. (приватна сироварня «O'BEREG» м. Суми), акт від 3 грудня 2022 року.

**Особистий внесок здобувача.** Автором визначено мету і завдання досліджень, опрацьовано літературні джерела, розроблено загальну методику досліджень, виконано увесь обсяг експериментальних робіт (у тому числі визначення показників молочної продуктивності залежно від генотипів та відповідних генів), здійснено статистичну обробку матеріалів досліджень, аналіз і узагальнення отриманих результатів, надані пропозиції виробництву. За безпосередньої участі здобувача зібрано первинні дані зоотехнічного обліку щодо живої маси корів, молочної продуктивності, відтворної здатності та інших важливих ознак. Обсяг матеріалів спільних досліджень, використаних у роботі, погоджено із співавторами публікацій.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались і отримали позитивну оцінку на Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 80-річчю від дня народження видатного вченого-селекціонера, доктора сільськогосподарських наук, професора, члена-кореспондента НААН Басовського Миколи Захаровича (Біла Церква, 2015), Міжнародній науковій конференції “Science, technology and innovative technologies in the prosperous epoch of the powerful state” (Aşgabat•Ylym•2018), LXXXIII Науковому з'їзді Польського зоотехнічного товариства «Wyzwania zootechniki w warunkach rolnictwa zrównoważonego» (Lublin, 2018), Міжнародному науковому симпозиумі, присвяченому 85-річчю заснування Державного аграрного університету Молдови (Chişinău, 2018), Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, присвяченій 100-річчю від дня народження доктора біологічних наук Третевича В. І. (Львів, 2018), Міжнародній науковій конференції «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: CENTRAL ASIA» (Астана, 2019), XIX Всеукраїнській конференції молодих вчених «Молоді вчені у розв'язанні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини»

(Львів, 2020), міжнародній науковій конференції молодих вчених «Наука і інновації» (Узбекистан, 2021), міжнародній науково-практичній конференції «Інновації у тваринництві та безпечності продукції тваринництва – досягнення та перспективи» (Молдова, 2021), Міжнародній конференції з харчових продуктів, сільського господарства та тваринництва (Turkey, 2021), Всеукраїнській науково-практичній інтернет конференції присвяченій 45-річчю створення Сумського національного аграрного університету: «Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва: історія, проблеми, перспективи» (Суми, 2022), XX Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, присвяченій 90-річчю від дня народження доктора біологічних наук, професора, члена-кореспондента НААН, заслуженого діяча науки і техніки України Макара Івана Арсентійовича (м. Львів, 2022).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 45 наукових праць. З них 5 – у виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 21 – у фахових виданнях України; 19 – у інших виданнях.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 260 сторінках комп'ютерного тексту, ілюстрована 84 таблицями, 27 рисунками та містить 5 додатків. Вона складається із анотації, вступу, огляду літератури, матеріалу та методів досліджень, результатів власних досліджень, їхнього аналізу й узагальнення, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Список використаних джерел включає 198 найменувань, із них 128 – іноземними мовами.

## РОЗДІЛ І

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 1.1. Обґрунтування необхідності дослідження поліморфізму гену бета-казеїну в контексті його впливу на здоров'я людини

Людина здавна використовує молоко у своєму харчуванні. В умовах сьогодення у різних куточках світу у якості молочної сировини і як самостійний продукт використовується молоко великої рогатої худоби, зебу, овець, кіз, буйволів, верблюдів. За даними FAO [108] протягом останніх тридцяти років виробництво молока у світі збільшилось на понад 60%. Понад 40% цього продукту виробляється в Азії, близько 20% – в Індії. Від корів надходить 82,4% молока світу, від буйволів – понад 13%. Найбільше споживання молока на душу населення в рік у Великобританії, Швеції, Фінляндії, США, Нідерландах. У африканських країнах, що розвиваються, споживання даного виду продуктів менше 30 кг на рік. У європейських країнах ця цифра становить понад 210 кг на людину за рік. Молоко важливе як дієтичний білок, енергія та харчовий жир. Крім того це джерело вітамінів та мінералів. Це один із перших продуктів, які починають споживати діти [85, 90].

На даний час значна кількість людей має побічні реакції на споживання цього продукту. Харчова алергія на молоко представлена алергією на молочний білок або несприйняттям лактози. Причиною алергії на молочний білок можуть бути казеїни або молочний альбумін. Повна або часткова відсутність ферменту який розщеплює лактозу є причиною іншого виду алергії на молоко. Серйозні клітинні пошкодження, різні види психічної, емоційної, фізичної симптоматики є наслідком такої алергічної реакції. Алергічні реакції є причиною обмеження або уникнення споживання молочних продуктів [91, 121, 178, 185].

Підвищений інтерес людей до особистого здоров'я на пошук шляхів його покращення в останні роки сприяє появі нових продуктів харчування на полицях торговельних мереж. Серед них молоко А2. Незважаючи на підвищену ціну порівняно з ординарним продуктом таке молоко має значну кількість прихильників за кордоном, оскільки є наукові свідчення його позитивного впливу на людину [81, 88, 129].

Основний білок молока казеїн становить біля 80% усіх молочних білків і ділиться на 4 групи: бета, капа, альфа 1 та альфа 2. Певні види казеїну містять білки, які при перетравлюванні здатні перетворюватись на опіюїдну сполуку бета–казоморфін (BCM). Появу у молоці BCM пов'язують із бета–казеїном та його алелем А1. Алель А2 не є причиною алергічних проблем у людини. За свідченнями науковців СМРА (імунологічна реакція на один або декілька молочних білків) на даний час є найпоширенішою харчовою алергією, що найбільше вражає дітей і пов'язана з тим, що організм не розпізнає білки коров'ячого молока. Їх може бути один або декілька видів. Оскільки СМРА та непереносимість лактози при споживанні молока мають подібні симптоми (найпоширеніші діарея і спазми), їх часто плутають. Виникла необхідність чітко розмежувати ці два типи алергій, оскільки непереносимість лактози вимагає виключити з раціону лише продукти, що містять лактозу; а при алергії на молочний білок прийом його в їжу має бути виключений. Тому такі факти спонукали науковців вивчати породи сільськогосподарських тварин з точки зору генотипів за бета–казеїном, оскільки молоко корів генотипу А2А2 не викликає захворювань і його можуть споживати особи з СМРА [96, 161].

У той же час при вживанні звичайного коров'ячого молока науковці фіксують багато функціональних порушень і хвороб.

Зокрема одні встановлюють розлади шлунково-кишкового тракту, інші – синдром дитячої смерті, алергії [91, 110, 121, 137, 159]. Встановлено зв'язок цих хвороб з бета–казеїном типу А1 [18, 73, 152, 160].



Результати досліджень науковців різних країн свідчать про те, що особи, у раціоні харчування яких було лише молоко корів генотипу A2A2 за бета-казеїном мали меншу ступінь ознак запалення органів кишківника, ніж люди, що споживали ординарне молоко [103, 116, 119, 166].

Інші дослідники встановили вплив білків коров'ячого молока на появу діабету першого типу у людини. Крім того споживанням молока можуть бути викликані такі хвороби як аутизм та шизофренія [157, 162].

Великим науковим експериментом, проведеним у 19 країнах світу, також було підтверджено позитивний зв'язок між хворобою цукровий діабет I-го типу та споживанням молока від корів з алелем A1 бета-казеїну [73].

Було проведене дослідження щодо взаємозв'язку певних видів молочного білку та частотою виникнення ішемічної хвороби серця. У результаті встановлено, що в країнах Західної Європи люди мали досить високий рівень захворюваності на цю хворобу, у той час у народностей Самбуру (Північний Кіан) та Масаї (Африка) взагалі не було діагностовано серцевих хвороб. При цьому констатовано, що західноєвропейські жителі споживали молоко від корів джерсейської, голландської та інших промислових молочних порід. Африканські народності споживали молоко від худоби, яка мала лише бета-казеїн з алелем A2 [157].

Відсутність розладів кишківника та болей в животі при споживанні бета-казеїну A2 підтверджують багато науковців [109, 126, 180, 187].

Науковці стверджують, що молоко від корів з генотипом A1A1 за бета-казеїном особливо небезпечне для маленьких дітей, яких вигодовують штучно. Молоко від корів з генотипом A2A2 вважається низькоалергенним [162].

Відмінності у структурі варіантів бета-казеїну A1 та A2 є причиною їх різного типу засвоєння. Ферментативний гідроліз для бета-казеїну A2 не відбувається чи проходить повільно, продукуючи речовину бета-казоморфін-9. При перетравленні бета-казеїну A1 утворюється опіоїдний пептид бета-казоморфін-7. У великій кількості досліджень цей пептид пов'язують з

проблемами кишківника і розглядають як фактор розвитку деяких хвороб, оскільки доведено, що він може чинити вплив на опіоїдні рецептори імунної, ендокринної та нервової систем [166, 177].

Дослідники встановили, що на відміну від А2 бета-казеїни типу А1 спричиняють запальні реакції у кишківнику. Цей факт ще раз підтверджує шкідливий вплив даного типу казеїнів на організм людини [56]. Експеримент, проведений на мишах, також виявив запалення кишківника у тварин. Відмінності у травленні казеїнів А1 та А2 були розглянуті у трьох базових дослідженнях. В одному із них брали участь 36 осіб. Було встановлено, що при споживанні молока корів генотипу А1А1 за бета-казеїном були значними скарги щодо травлення. У іншому експерименті брали участь 45 осіб з непереносимістю молока. Під час дослідження споживання молока А2 не викликало суттєвих проблем з травленням, у той час як ординарне молоко спровокувало їхнє посилення. Особи, які мали непереносимість лактози, характеризувались меншою кількістю скарг при споживанні у їжу молока А2. Китайськими вченими проведено дослідження на 600 особах з непереносимістю лактози. Було встановлено, що такі симптоми як консистенція стулу і частота випорожнень, метеоризм, бурчання шлунку, біль у животі, були вищими через одну і три години після споживання молока А1 порівняно з молоком А2 [184].

Дослідження, які були проведені на мишах підтвердили позитивну дію молока від корів генотипу А2А2 за бета-казеїном на морфологію шлунково-кишкового тракту та імунологію організму тварин в цілому [116].

Вивільнення бета-казоморфіну-7 під час травлення забезпечується амінокислотними послідовностями бета-казеїну. Критичною є амінокислота у 67 положенні, при цьому у варіанті А2 присутній пролін, а в А1 – гістидин [178, 184].

Індійські дослідження показали, що при перетравлюванні молока А2 не утворюється ВСМ-7. У популяціях, які споживають молоко з більшою кількістю бета-казеїну А2, спостерігається менша кількість серцево-судинних

захворювань та діабету 1 типу. Люди, які вживають молоко A2, мали кращу консистенцію випорожнень, меншу частоту здуття живота. Дане дослідження складалося з трьох етапів. Перший етап тривав 2 роки. Під час його 79 осіб перейшли від споживання молока A1 до молока A2. Серед них були хворі на діабет I типу, серцево-судинні захворювання, 39 осіб мали проблеми шлунково-кишкового тракту. У результаті експерименту було встановлено позитивний вплив молока A2 на здоров'я осіб з діабетом та серцево-судинними захворюваннями. У другій частині експерименту було протестовано велику рогату худобу семи порід, у тому числі п'яти корінних індійських порід. Встановлено, що місцеві породи Амрітмахал, Hallikar, Пунганур, Малнад Гідда мали 100% генотипу A2A2 за бета-казеїном. Тварини породи Гір мали перевагу генотипу A2A2. У той же час промислові породи такі як джерсеська у більшості характеризувались генотипом A1A1. Третя частина наукових пошуків була присвячена вивченню впливу молока від корів з генотипом A2A2 за бета-казеїном на людину, у результаті було встановлено позитивний ефект. Таким чином дані цього великого дослідження свідчать про необхідність збереження та розвитку місцевих індійських популяцій худоби задля забезпечення якісним молоком населення країни [184].

У результаті аналізу понад 60 матеріалів результатів наукових досліджень було встановлено, що саме бета-казеїн типу A1 стимулює запуск значної кількості опіодних пептидів, у результаті чого відбувається продукування VSM-7. Цей опіодний пептид збільшує фактори ризику аутизму, гормональних порушень, неврологічних проблем, цукрового діабету I типу [184].

З поширенням результатів досліджень щодо корисної дії молока корів генотипу A2A2 за бета-казеїном серед наукової спільноти та практикуючих лікарів продажі цього продукту суттєво зросли у певних країнах. Акції компанії A2 Milk, яка на даний час є найкрупнішим його виробником у світі на новозеландській фондовій біржі мають найбільшу вартість, незважаючи на

той факт, що вартість молока А2 перевищує ціну звичайного продукту на 39% [162].

Науково доведений факт відсутності негативного впливу молока від корів генотипу А2А2 за бета-казеїном на організм людини став причиною розробки та реалізації великої кількості наукових проектів та досліджень ринку готового продукту у різних країнах світу.

Зокрема в Італії діє проект, який поєднує у собі генетичні дослідження популяцій місцевих молочних порід, аналіз впливу молока А2 на стан здоров'я людей та особливості технологічних варіантів переробки даного виду продукту [114]. Дослідники з цієї країни довели готовність покупців платити вищу ціну за молоко корів генотипу А2А2 за бета-казеїном [81].

Науковці наголошують, що для виробництва молока А2 важливим елементом є не лише проведення генотипування худоби, а й контроль якості за цим показником готових молочних продуктів [113, 155].

Зокрема у результаті дослідження молока, що реалізується у роздрібній торгівлі Великобританії, на наявність у ньому варіантів бета-казеїну, встановлено що частка А2 складає – 0,58; А1 – 0,31; В – 0,07 та С – 0,03 [114]. Такі ж варіанти бета-казеїну встановили інші вчені [109].

Завдяки плідній співпраці науковців, практиків тваринництва та переробників молоко А2 є доступним споживачам усього світу. На даний час виробництво та продаж молока від корів з генотипом А2А2 за бета-казеїном набули значного розвитку у Австралії, Новій Зеландії, Китаї, США [81, 162].

Проаналізувавши наукові праці провідних вітчизняних та зарубіжних науковців, ми можемо зробити висновок, що дослідження поліморфізму гену бета-казеїну є перспективними. Це пояснюється наявністю його впливу на якісні показники молока, що в свою чергу впливають на здоров'я людини. Зацікавленість населення якістю продуктів, які використовуються у щоденному раціоні, їхнього впливу на стан здоров'я також є важливим фактором, що викликає необхідність вивчення поліморфізму цього гену у вітчизняної молочної худоби в Україні.

## 1.2. Сучасні дослідження щодо бета-казеїну молока у молочному скотарстві

Поширення різних варіантів білка молока невід’ємно пов’язано з розповсюдженням алелей у популяціях і породах худоби. Породний склад великої рогатої худоби у європейських країнах за останні десятиліття змінився через зміну мети селекції. Можна припустити, що це стало причиною зміни білкових варіантів молока. Аналіз наукових досліджень показав, що молоко може бути фактором ризику розвитку різних захворювань. Тому наразі актуальним є питання дослідження порід молочної худоби щодо наявності у молоці різних типів білків, зокрема бета-казеїну та його генотипів з метою встановлення їхнього впливу на організм людини та формування популяцій сільськогосподарських тварин, які будуть продукувати молоко визначеної якості [75, 91, 111, 172, 174]. Тому, при формуванні стад худоби молочного напрямку продуктивності необхідно проводити селекційні заходи, які б передбачали формування батьківських пар тварин у визначеній популяції згідно результатів проведених генетичних досліджень задля досягнення оптимального співвідношення алелей бета-казеїну у генотипі нащадків [182].

Генотипування великої рогатої худоби та інших видів сільськогосподарських тварин широко використовується у різних країнах світу. Основна мета цього заходу – пошук генів, які є визначальними у формуванні найбільш оптимального поєднання генотипу і фенотипу корови, які б забезпечили найбільш високий рівень виробництва молока. В основному досліджують гени, які кодують такі білки молока як капа-казеїн, бета-казеїн та інші [119, 121].

Науковими дослідженнями підтверджено роль генотипу тварини у формуванні протеїнових фракцій молока. Саме тому науковий інтерес викликає аналіз можливих видів взаємозв’язків між факторами, якими детермінуються різні типи білків у молоці [106, 124].

Згідно висновків сучасних науковців однією із визначальних умов успішної селекції у тваринництві є поліморфізм генів генотипів не лише штучних, а й природних популяцій. Загальновідомо що, така структурна селекційна одиниця як порода у скотарстві має суттєвий вплив на біохімічний склад молока худоби [105, 150].

Тварини різних порід мають суттєві відмінності за вмістом фракцій казеїну в молоці. Ознаки виробництва молока, його якісних і кількісних характеристик, складу протеїнів, технологічних особливостей під час переробки детермінуються генетичними варіантами фракцій казеїну. Казеїн є основною структурною складовою молочних білків. У своєму складі він має три фракції - альфа, бета та капа. Частка бета-казеїну становить у межах 24-28% усього молочного протеїну [136, 166].

Бета-казеїн – це одна з найбільш відомих та поширених білкових фракцій молока. Він має значну кількість генетичних варіантів (A1, A2, A3, B, C, D, E, F, G, H1, H2, I, J, K, L). Серед них найбільш часто зустрічаються варіанти A1, A2 та B [17].

Білок бета-казеїн має у своєму складі 209 амінокислот. Алельні варіанти A1 та A2 відрізняються між собою лише однією амінокислотою у 67 положенні. Молоко A2 (дикий тип) має у цьому положенні амінокислоту пролін, а молоко A1 – гістидин. Інші алелі, такі як B, C, F, G також мають у 67 позиції гістидин. Тому їх ще називають A1-подібними. Варіанти A3, D, E, I, H2 подібно до A2 мають у 67 позиції пролін, тому дещо схожі на A2, але в інших положеннях існує різниця між вищевказаними варіантами. При цьому надзвичайно важливим фактом є той, що алель A2 забезпечує швидкий розклад бета-казеїну на короткі пептидні ланцюжки, які не чинять негативної дії на організм людини. Слід зазначити, що певні породи худоби характеризуються більш високою експресією бета-казеїну типу A2 [107, 121, 135, 166].

Дослідження показали, що спочатку вся велика рогата худоба містила лише алель A2. A1-подібний тип молока з'явився внаслідок точкової мутації

в цьому екзоні гену бета-казеїну великої рогатої худоби. Вона відбулася понад 5000 років назад. Тоді заміна цитозину на амінокислоту аденін призвела до наступної конверсії проліну (алель A2, кодон CCT) на амінокислоту гістидин (алель A2, кодон CAT) в 67 позиції [17, 93, 103, 177].

Згідно результатів досліджень Kučerova J. генотипована худоба мала чотири типи алелей бета-казеїну – A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> і B [136].

Дослідники повідомляють про наявність дев'яти генотипів за бета-казеїном (A1A1, A2A2, A3A3, A1A2, A1A3, A1B, A2A3, A2B, і A3B). Слід зазначити, що генотипи A3A3 та A3B зустрічаються не часто [78].

Науковими дослідженнями доведено, що для худоби швіцької породи, яка розводиться на північному сході Італії найбільш поширеними генотипами були A2A2 (60,4%), A2B (25,1%), A1A2 (10,5%), BB (1,8%) та A1B (2,2%) [73].

У результаті досліджень корів голштинської породи на поліморфізм гену бета-казеїну встановлено, що тварини генотипу A1A2 склали 57,1%, A2A2 – 29,2%, A1A1 – 5,3%. Крім того були виявлені тварини-гетерозиготи за бета-казеїном з алелем B, які склали відповідно A2B – 6,6%), A1B – 1,8% [159].

У симентальської породи чеської селекції було встановлено, що найбільш поширеними були гетерозиготи за бета-казеїном A1A2. Алель A3 не зустрічався у жодній корови [137].

Іншими дослідженнями доведено, що частота алеля A2 у симентальської худоби австрійської селекції становить 68,5%, A1 – 21,6%, B – 8,3%, A3 – 0,3%. C – 1,3%. У той же час італійська худоба молочного напрямку продуктивності характеризувалась такою частотою алелей бета-казеїну: A2 – 59,6%, A1 – 18,8%, B – 15,8%. I – 5,8%. При цьому частота корів з генотипом A2A2 складала 36,2%. На популяції голштинської породи встановлено, що частота алеля A1 становила 56,1%, A2 – 42,1%. Алелі B та A3 мали дуже низьку частоту – 0,7% та 1,1% відповідно. Усього 16,63% досліджених тварин були гомозиготними за бета-казеїном і мали генотип

A2A2, а кількість гомозиготних A1A1 склала 30,71%. Серед голштинських корів австрійської селекції алель A2 був найбільш поширеним і складав 55,1%. Інші алелі становили відповідно A1 – 40,3%, B – 2,4%, A3 – 1,9%, і C – 0,3%. Для голштинів голландської популяції притаманні такі частоти алелей за бета-казеїном: A2 – 69,2%, A1 – 28,5%, B – 2,2%, A3 – 0,1%. Датські голштини мали такі значення: A2 – 61,4%, A1 – 26,6%, I – 7%, B – 4,6%, A3 – 0,5%. Плідники цієї ж породи польської популяції мали таку частоту алелей: A2 – 65%, A1 – 35%. Стосовно генотипів бугаїв розподіл був таким: A2A2 – 43,1%, A1A1 – 12,8%. Популяція швіців Австрії мала такі показники частоти алелей бета –казеїну: A2 – 71,3%, A1 – 11,3%, B – 16,4%, C – 1%. У Канаді швіцькій худобі були притаманні такі частоти: найбільше значення A2 – 51,8%, дещо менше A1 – 31,6%, B – 16,1%, найрідше зустрічалися тварини з алелем A3 – 0,5%. Серед швіцьких тварин словенської популяції частота алелю A2 складала 79,7%. У цієї ж худоби частота генотипу A2A2 складала 62,11%, A1A1 – 2,63%. Тирольській худобі властиві такі частоти алелей A2 – 61,2%, B – 21,8%, A1 12,4%, C – 4,6%. Джерсейська худоба австрійської популяції мала такі частоти алелей бета-казеїну: A2 – 71,2%, B – 24,6%, A1 4,2%. У джерсеїв датської селекції частота алелю A2 була значно нижчою – 58%, варіант B становив 35%, A1 – 7%. Натомість у корів джерсейської породи Мексики алель A2 мав частоту 71%. Крім того були виявлені алелі A1 та B [87, 110, 119, 125, 154, 163, 197].

У результаті генотипування за бета-казеїном великої рогатої худоби Швеції для худоби симентальської породи встановлена наступна частота алелей: A2 – 56,5%; A1 – 30,4%; B – 13,0%. У шведської комолої породи були знайдені лише варіанти A2 та A1 (75% та 25% відповідно). Алель A2 у худоби червоної шведської породи мав значення 70,7% [175].

Худоба двох малочисельних місцевих популяцій Данії мала дуже високу частоту алелю F. Цей алель дещо з меншою частотою зустрічався у тварин інших молочних порід [176].



За свідченнями науковців алель В білка бета-казеїну має позитивний вплив на сиропридатність. Крім того він посилює вплив алелю В капа-казеїну, який обумовлює підвищений вміст в молоці білка та більш виражені технологічні якості під час виробництва сиру [168].

Можно констатувати, що генотип А2А2 мають переважно швіцька, джерсейська, гернзейська, азіатська худоба. У той же час частка такого генотипу у голштинів є найменшою. Зокрема дослідженнями Parashar A. et al. (2015) встановлено, що максимальна частота алелю А2 у худоби гернзейської породи становить 96-98%, швіцької – 66-70%, джерсейської – 50-63%, голштинської – 44-53%, айширської – 40-49%, червоної датської – 23%. Інші автори стверджують, що тварини гернзейської породи продукують виключно молоко А2 за бета-казеїном. У худоби джерсейської породи кількість особин з генотипом А2А2 за бета-казеїном становить 75%, у голштинської – 50% [107, 166, 178].

Стосовно частоти генотипу А2А2 у худоби голштинської породи італійської популяції науковці встановили, що у тварин, яких розводять у центральній частині Італії вона складає лише 37 %. У той же час частота бажаного алеля А2 становить майже 0,61, а А1 – майже 0,31 [182].

Щодо частоти алелю А1 у худоби різних порід вона відрізняється. Зокрема у червоній датській цей показник складає 77%, голштинській – 56-47%, швіцькій 30-34%, джерсейській 37-50%. Найменша частота алелю типу А1 за бета-казеїном у гернзейській породі – 2-4% [166].

Крім того за даними науковців генотип А2А2 за бета-казеїном мають інші сільськогосподарські тварини (верблюдиці, кози, буйволиці, вівці, ослиці, та інші) [107, 149].

У результаті генотипування худоби Індії було встановлено, що понад 200 досліджених буйволів, представників 8 порід, мали у своєму геномі лише алель А2 за бета-казеїном. 618 голів худоби, які належали до 15 порід мали частоту алелю А2 на рівні 98,7%. У худоби інших місцевих популяцій Індії Sahiwal, Tharparkar, помісей Karan Swiss та Karan Fries частота алелю А2 була

дещо нижчою і знаходилась у межах 79-89% [166]. Дослідженнями інших науковців доведено, що у тварин азійських та африканських порід частота генотипу A2A2 і відповідно алеля A2 більш високі та становлять 0,90-0,98 [170, 187].

Частота алеля A2 за бета-казеїном у худоби зебу складає 0,94, а A1 – 0,06. Відповідно частота генотипу A2A2 складала 0,90, A1A1 – 0,01 та A1A2 – 0,09. Тварини іншого різновиду мали частоту генотипу A2A2 0,80, а частоту алеля A2 0,90 [187].

Майже 80% молока у Бразилії отримують від помісей зебу та худоби голштинської породи. Результати генетичного скринінгу цих тварин показали, що порода зебу не зазнала впливу фактора генетичної мутації і практично все поголів'я має генотип A2A2 за бета-казеїном [178]. Для зебу частота алеля A1 складала 0,06, а A2 – 0,94. Відповідно частоти генотипу A2A2 знаходились в межах 0,90; A1A2 – 0,09; A1A1 – 0,01 [117].

Згідно досліджень науковців з Канади встановлено, що корови голштинської породи у цій країні в своєму генотипі мають переважно алелі A1 та A2. Відповідно у понад 96% корів були наявні генотипи A2A2 (16,63%), A<sub>1</sub>A<sub>1</sub>(30,71%), A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (49,24%) [160].

Ahmet Fatih D. et al. констатують, що у західноєвропейських країнах варіант A1 стає домінуючим. На доказ цього автор наводить результати розподілу частот A2 та A1 у різних європейських породах: ангуська 0,00 і 0,95; айширська 0,28–0,527 і 0,432–0,720; голштинська 0,24-0,550 і 0,420-0,660. У той же час популяції декількох порід мають зовсім протилежні значення названих вище частот: швіцька 0,520-0,690 і 0,110-0,320; фінська молочна худоба 0,615-0,710 і 0,293-0,385; сіра худоба 0,76 і 0,23; гернзейська 0,96–0,98 та 0,01. Стосовно швіцької породи у розрізі країн світу, автор наводить дані, що в США частота алелей A1 і A2 за бета-казеїном складає 0,18 та 0,66% відповідно, у Канаді – 0,32 та 0,52; в Італії 0,11 і 0,69. Решту незначну генотипів складала алелі B і C [107].

Деякі вчені країн Західної Європи вивчають питання поліморфізму гену бета-казеїну як один із шляхів вирішення проблеми збереження генофонду локальних місцевих порід. Зокрема румунські дослідники встановили, що частота алелю А2 у пінцгау та чорній румунській породі складає 0,750, червоній румунській – 0,400; у сірої худоби – 0,563. Угорські науковці констатують, що в місцевих сірій та рябій породах найбільш поширеними алелями бета-казеїну є А1 та А2. Частота алелю А1 становить 23% і 21% відповідно, А2 – 75% і 72%. Решта тварин мали варіант В, який відповідно був найменш поширеним, крім того у тварин угорської рябої був виявлений варіант С. У бугаїв–плідників та корів червоної польської породи частота бета-казеїну А2 становила 58% та 37% відповідно [78, 94, 115].

В Україні нараховується велика кількість локальних та зникаючих порід великої рогатої худоби. Серед них бурі породи, які включають у себе лебединську, українську буру молочну та інші. Питання щодо пошуку шляхів їхнього ефективного збереження є актуальним протягом тривалого часу. Генетичні дослідження стосовно поліморфізму за бета-казеїном у цих місцевих популяціях почали робити нещодавно [17, 39, 70, 146].

Актуальне питання сьогодення для селекціонерів – вплив генотипу тварин за бета-казеїном на вміст жиру, білка та інших складових у молоці [9, 129, 180].

У працях багатьох науковців зустрічаємо дослідження, в яких висвітлюється питання взаємозв'язку між генотипами бета-казеїну худоби різних порід та показниками їхньої молочної продуктивності. Дослідниками встановлено позитивний зв'язок між алелем А2 та кількістю молока у корів голшинської породи. Інші вчені визначили, що генотип А2А2 порівняно з А1А1 має позитивний вплив на показник білковості молока у корів під час першої лактації та жирності і білковості молока у корів другої лактації. За іншими даними корови генотипу А2А2 характеризувались більшими показниками надою та вмісту білка, а тварини генотипу А1А1 вищою жирністю молока. Здійснюючи аналіз впливу алелей А3 і В серед генотипів

$A_1A_3$ ,  $A_2A_3$ ,  $A_1B$  і  $A_2B$  на показники надоїв корів науковцями було встановлено більший рівень продуктивності худоби серед генотипів з варіантом  $A_3$ . У той же час якісні показники молока такі як вміст казеїну, жиру та білка були притаманні тваринам з алелем  $B$  у генотипі –  $A_1B$  – 2,78%, 3,92%, 3,48% відповідно [160]. За результатами досліджень інших науковців за вмістом жиру і білка статистично достовірної різниці між худобою різних генотипів за бета-казеїном виявлено не було [119, 137].

Згідно досліджень ремонтні бугайці голштинської породи генотипу  $A_2A_2$  за бета-казеїном порівняно з тваринами генотипу  $A_1A_1$  мали вищу племінну цінність за надоєм та вмістом білка, але нижчу за вмістом жиру в молоці. Kučerová et al. (2006) аналізуючи результати генотипування бугаїв симентальської породи чеської селекції отримали протилежні результати і встановили, що тварини цієї породи з генотипом  $A_2A_2$  характеризувались негативною племінною цінністю за величиною надою, а плідники  $A_1A_1$  – позитивною. Досліджуючи показник сиропридатності молока корів голштинської породи датської селекції, що мали генотипи  $A_2A_2$  та  $A_1A_1$  науковцями було доведено кращі технологічні якості молока другого генотипу, зокрема менший час згортання та більша стійкість утвореного згустку, порівняно з тваринами першого генотипу [73, 136, 166, 175].

Інші науковці наводять дані, що тварини генотипу  $A_1A_2$  за бета-казеїном мають найвищі показники надоїв, але і найнижчі значення білковості молока. У той ж час корови  $A_2A_2$  поступались коровам генотипу  $A_1A_1$  за надоєм на 52,7 кг, виходом молочного жиру на 0,81 кг, білку – на 0,73 кг. При цьому показники вмісту жиру були більшими у корів генотипу  $A_2A_2$  на 0,018%, білку – на 0,021% [136]. Таким чином алелі та гени бета-казеїну молока мали вплив різної величини на кількісні та якісні показники молока, такі як надій, жирність та білковість [159]. Приблизно такі ж суперечливі результати отримали інші вчені [79, 112, 120, 123, 193]. Отже можна зробити висновок про неоднозначний вплив генотипу  $A_2A_2$  на рівень надоїв і на якісний склад молока.

Науковими дослідженнями доведено, що білкові фракції молока відіграють важливу роль під час згортання молока у процесі його переробки [180]. Деякі науковці звернули свою увагу на варіанти бета-казеїну через їхній вплив на технологічні характеристики та якості молока під час сироваріння. Зокрема встановлено, що варіант В забезпечує покращення процесу згортання молока під час виготовлення сиру, збільшує вихід готового продукту у худоби різних порід, пов'язаний із підвищеним вмістом казеїну та характеризується меншим розміром міцел. Встановлено, що алель A1 позитивно впливає на швидкість згортання сичужної сировини. У той же час вплив A2 на цей показник був незначним [120, 175, 179]. Корови з генотипом A2A2 за бета-казеїном голштинської породи датської селекції мали молоко приблизно з такими ж особливостями під час переробки – характеризувались більшим періодом утворення згустку казеїну порівняно з генотипом A1A1 [102, 121, 131, 175].

На сьогоднішній час у багатьох країнах практикують створення стад худоби гомозиготної за генотипом A2A2 за бета-казеїном [73, 100, 104, 129, 152].

Зокрема у Новій Зеландії створена популяція худоби, яка продукує молоко тільки генотипу A2A2 за бета-казеїном. У селекційних програмах використовують лише бугаїв-плідників бажаного генотипу. В Австралії та Новій Зеландії молоко A2, яке містить тільки конкретний білок, є в продажу починаючи з 2003 року. Компанія виробник проводить активний маркетинг в інших країнах світу, зокрема в США та Азії. Таким чином, проведення ДНК-моніторингу співвідношення алелей бета-казеїну в генотипі бугаїв дозволить прогнозувати можливість створення молочних стад з запрограмованою якістю молока [127, 152].

З метою отримання молока бажаної якості науковці університету міста Лінкольн змоделювали процес перетворення стада великої рогатої худоби у стадо з генотипом A2A2 за бета-казеїном. Найповільнішим шляхом створення такого стада є застосування бугаїв з генотипом A2A2 за бета-

казеїном у процесі відтворення тварин. Застосування генетичного тестування всього поголів'я суттєво підвищує темпи створення бажаної популяції. Крім того прискорює даний процес використання при штучному осіменінні сексованої спермопродукції бугаїв–плідників з генотипом A2A2 за бета-казеїном. Можна також проводити посилене вибракування корів з генотипами, небажаними для подальшого розведення [156].

Встановлена міжпородна диференціація за частотою генотипів та алелей гену бета-казеїну, робить необхідним проведення досліджень щодо вивчення останніх. Необхідним, на нашу думку, є впровадження заходів з створення стад тварин з бажаним генотипом за геном бета-казеїну, що обумовлює їх теоретичне обґрунтування та розробку.

### **1.3. Сучасні дослідження щодо капа–казеїну**

Білок капа-казеїн, на відміну від фракції бета-, вже продовж тривалого часу є об'єктом чисельних досліджень не лише закордонних а й вітчизняних науковців. Адже саме його генетичні варіанти обумовлюють якісні показники молочної сировини і забезпечують відповідно більшу чи меншу її придатність у процесі переробки на сир. Тому існує зацікавленість переробних підприємств у покращенні якості молока шляхом отримання його від худоби певних генотипів [11, 60, 69, 119, 183, 195, 196].

З метою забезпечення повноцінного добору за бажаним показником, у даному випадку генотипу за капа-казеїном, для генотипування тварин протягом останніх років успішно використовують ДНК поліморфні генетичні методи досліджень [75, 77, 111, 119, 157].

Капа-казеїн становить 13% загального білку молока, і є єдиною фракцією, яка має у своєму складі незамінні для людини амінокислоти цистеїн та метіонін. Ген капа-казеїну є поліморфним, про що відомо ще з

1964 року. Безпосередньо сам ген капа-казеїну був виділений до 1988 року. Тоді ж була вивчена та охарактеризована його структура. На теперішній час відомо 13 генетичних варіантів цього білка. Найбільш поширеними генотипами капа-казеїну є ВВ, АВ та АА. Інші варіанти зустрічаються дуже рідко [68, 75, 77, 111, 118, 120, 130, 153, 183, 196].

Серед алелей капа-казеїну найбільш часто зустрічаються А, В і Е. У 136 та 148 позиціях алелем А кодуються треонін і аспарагінова кислота, алелем В – ізолейцин та аланін. Амінокислота гліцин кодує алель Е у 155 положенні [75, 153, 157].

Частота генотипів капа-казеїну різниться залежно від породи худоби. Зокрема згідно досліджень Poulsen, N. A., Glantz, M., Rosengaard, A. K., Paulsson, M., Larsen L. B. (2017) у тварин симентальської породи найчастіше зустрічався варіант В (69,6%). Більша частота алеля А (62,5%) була притаманною худобі шведської червоно-рябої породи. Алелі А з частотою 65,5% та Е з частотою 17,2% найчастіше зустрічались у червоній шведській породі. Стосовно генотипів за капа-казеїном встановлено, що у популяції худоби симентальської породи найбільш часто зустрічався генотип АВ (49%). Пропорційно генотипам були розподілені і частоти алелей – А – 64%, В відповідно 35%, Е – 1% [84, 148, 175, 198].

Популяція худоби джерсейської породи у різних країнах світу мала високу частоту генотипу ВВ та відповідно алеля В. Зокрема в мексиканській популяції частота алеля В склала 0,69, а генотипу ВВ – 0,45. У той же час частота алеля А становила 0,26, Е – 0,05. Данські джерсеї також мали високу частоту алеля В і характеризувались відсутністю Е-варіантів [119, 197].

Алель А набув найбільшого поширення у популяціях худоби порід данський та шведський голштин. У той же час алель Е мав більшу частоту у породі червона шведська ніж серед данських голштинів [119].

Згідно досліджень науковців проведених на популяції корів голштинської породи щодо частоти за капа-казеїном було встановлено, що найчастіше зустрічалися особини з генотипом АА – 57,0%, кількість тварин

генотипу АВ становила 34,5%. У той же час генотип АЕ мав частоту 5,8%, ВЕ – 1, 8%, ВВ – 0,9% [159].

Згідно результатів досліджень інших науковців, проведених на поголів'ї корів голштинської породи встановлено, що бажаний генотип ВВ за капа-казеїном не зустрічався взагалі, а генотип АА мав частоту 55%. Найменшу частоту – 1% мав гомозиготний генотип ЕЕ. Стосовно частоти гетерозиготних генотипів, то вона була такою – АВ – 28%, АЕ – 12%, ВЕ – 3%. Частоти алелей капа-казеїну склали відповідно А – 75%, В – 16%, Е – 9% [84].

Згідно результатів досліджень у популяції голштинської породи, дослідники встановили диференціацію щодо алелей і генотипів за капа-казеїном у межах країн світу. Бажаний у технологічному плані алель В найбільш часто зустрічався серед сербських тварин – 49%, у іракської худоби ця частота складала 41%. Найрідше він був зафіксований у польській популяції – 17%, словацькій – 16,7% та китайській – 14%. Відповідно стосовно частоти бажаного генотипу ВВ найбільшою вона була серед сербських тварин – 23%, найменшою – серед іранських тварин – 2,9%, словацьких – 2,8% та канадських – 2,7%. Стосовно частоти генотипів АА за капа-казеїном, найбільшою вона була у корів голштинської породи єгипетської популяції – 85% та китайської – 74%. Гетерозиготні генотипи були найбільш поширеними серед тварин іранської та індонезійської популяцій – 82% та 65% відповідно [71, 190].

Група науковців встановила, що у популяції голштинської породи бажаний генотип ВВ мав частоту 2,9%. При цьому частота гетерозиготного генотипу АВ складала 27,6%, гомозиготного генотипу АА – 69,5%. Відповідно розподіл алелей за капа-казеїном мав такий вигляд – частота алелю А становила 0,83, В – 0,17. Дослідженнями було встановлено статистично значущу різницю, що підтверджує вплив генотипів капа-казеїну на показники вмісту білка в молоці. Було підтверджено, що генотип за капа-



казеїном АА знижує показник середнього вмісту білка в молоці в середньому на 0,09% у порівнянні з генотипом ВВ [157].

Популяція худоби бурих порід у різних країнах світу мала зовсім інший розподіл алелей та генотипів за капа–казеїном порівняно з голштинами. Зокрема у бурій худоби Італії визначені генотипи за капа–казеїном і встановлено, що найбільшою частотою характеризувався генотип ВВ – 59,0%, дещо рідше зустрічалися тварини гетерозиготним генотипом АВ – 36,2%, найменшою була частота гомозиготного генотипу АА – 4,8%. У той же час дослідники констатують, що алель Е не зустрічався у популяції худоби швіцької породи.

У італійської бурій худоби за геном капа–казеїну виявлені генотипи АА (4,8%), АВ (36,2%) та ВВ (59,0%). При цьому автори зазначають, що алель Е, як правило, не зустрічається у тварин швіцької породи [2]. Популяція бурій худоби Канади мала алель А за капа-казеїном з частотою 70,4%, алель В зустрічався з частотою 29,3%, а алель С було виявлено у 0,3% поголів'я. Відповідно частоти генотипів за капа–казеїном мали такий вигляд: АА складав 48,04%, ВВ – 7,27%, АВ – 44,11%. У бурій худоби Австрії дослідженнями було встановлено такі частоти алелей: А – 39,9%, В (59,2%), і С – 0,9% [83].

У популяції помісної худоби фрісфаль, яка розводиться в Індії, встановлено тільки два генотипи за капа–казеїном (АА та АВ), частота яких становила відповідно 0,58 (n = 117) та 0,42 (n = 83). Була обрахована частота алелей для А і В, яка склала 0,79 і 0,21, відповідно [101].

Вітчизняними вченими під час проведення генетичного дослідження популяції худоби сірої української породи в господарстві ДП ДГ «Маркеєво» за поліморфізмом гену капа-казеїну були встановлено результати стосовно розподілу частот відповідних генотипів і алелей. Визначено, що у тварин спостерігалася досить низька частота алеля В на рівні 0,337, частоти генотипів АА та АВ склали 0,456 і 0,413 відповідно, і лише шість тварин

виявилися носіями бажаного гомозиготного генотипу за капа–казеїном ВВ (0,13) [65].

Бразильські вчені у своїх дослідженнях визначали частоти алелей гену капа–казеїну у 1316 голів тварин із різних генеалогічних груп *Brazilian Bos indicus*. Зокрема 55 голів породи сідши, 73 голови помісей F1 гір та голштинської, чистопорідні тварини зебу порід нелор, гір, гузерат. У результаті проведених досліджень вченими доведено, що генотипування алелей за капа-казеїном (А і В) має вагоме практичне значення і застосування, оскільки алель капа–казеїну В позитивно корелює з цінними параметрами ефективності виробництва сирних продуктів. Було встановлено, що частота алелю В за капа-казеїном серед досліджених порід становила в межах від 0,01 до 0,30. Тварини породи Сінді мали найвищу частоту алеля В на рівні 0,30. У той же час частоти цього алеля у худоби інших порід коливалися в межах від 0,01 до 0,18. Крім того дослідженнями було встановлено велику різницю частот алелю В серед порід групи *Bos indus* [77].

Інші науковці, досліджуючи індійську популяцію худоби встановили, що генотип ВВ серед корів виявлено не було. При цьому частота гомозиготного генотипу АА і гетерозиготного АВ знаходилась в межах 0,58 та 0,42. Дослідженнями доведено, що худоба помісного генотипу АВ характеризувалась більшим рівнем надоїв ніж тварини АА генотипу ( $P < 0,05$ ). Згідно даних статистичного аналізу встановлено, що різниця між тваринами різних генотипів за якісними характеристиками молока: жиром, білком та лактозою мала несуттєве значення ( $P > 0,05$ ) [101].

Вплив генотипів худоби за геном капа–казеїну на якісні показники молока вивчався у минулому і продовжує досліджуватися багатьма науковцями сьогодення [23, 68, 98, 120, 128, 130, 132, 133, 151, 171].

Згідно даних дослідників алель А білка капа–казеїну зумовлює підвищення рівня надоїв молока худоби, однак при цьому одночасно нерідко спостерігається процес зменшення білка в молоці. Алель В капа–казеїну дуже часто називають «ключовим алелем», який сприяє підвищенню якості

молочного білка та покращує процес згортання молока у процесі його переробки на сир. У той же час встановлено, що алель капа-казеїну E негативно впливав на процес згортання молока [153].

Крім того встановлено, що гетерозиготний варіант гену капа-казеїну АВ має істотний вплив на показники відсотку жиру, білка, сухої речовини у молоці [159].

Іншими дослідниками встановлено, що корови з генотипами ВВ, АВ, АА мають різницю між собою за вмістом жиру в молоці, який знаходився на рівні відповідно 3,14%, 3,38, 3,25%. Слід зазначити, що при цьому варіанти за капа-казеїном не впливали на показник загального білку в молоці [89].

Показник генотипу тварин за капа-казеїном успішно використовують у процесі селекції за ознакою сиропридатності. Багатьма науковцями доведено, що найбільшою сиропридатністю характеризується молоко тварин, які мають ВВ генотип за геном капа-казеїну (гомозиготні), у меншому ступені – молоко корів, мають гомозиготний генотип АА і гетерозиготний АВ. Молоко від корів, які характеризуються генотипом ВВ за капа-казеїном, має науково доведений достовірно вищий відсоток білка у своєму складі та здатність до більш швидкого утворення згустку під час переробки молока на сир. Науковцями було зареєстровано у популяції худоби симентальської породи велике відсоткове перевищення на користь тварин з бажаним генотипом ВВ (у межах від 6 до 12%). У той час голштинська популяція лише на 2-6% була представлена тваринами відповідної якості. В Австрії під час проведених досліджень на поголів'ї худоби симентальської породи місцевої селекції, було встановлено, що генотип ВВ зустрічався у 20% тварин, тоді як серед локальних порід тварини з бажаним генотипом взагалі не зустрічалися. У результаті досліджень встановлено, що австрійські корови з генотипом ВВ перевищували тварин з генотипом АА за показником надою на 382 кг, вмістом молочного білка – на 12,3 кг, молочного жиру – на 14,4 кг [83].

Дослідженнями взаємозв'язку генотипів за капа-казеїном з кількісними та якісними показниками виробництва молока встановлено, що генотип за

капа–казеїном АВ має суттєвий вплив на надій ( $P < 0,05$ ), найбільший добовий надій, надій за 300 днів лактації та сухий знежирений молочний залишок порівняно з генотипом за капа-казеїном АА [101]. Науковцями доведено, що фракція молока за капа-казеїном має вирішальний вплив у процесі його переробки на згортання згустку та тривалість процесу дозрівання сиру. Збільшення кількості молока з фракцією ВВ за капа-казеїном має невеликий позитивний ефект на час його згортання під час переробки і значний позитивний вплив на інші технологічні параметри під час виробництва сиру [73].

Дослідження інших науковців також довели, що тварини з генотипом ВВ за капа–казеїном переважали тварин з генотипом АА за показником вмісту загального білка в молоці. При цьому з молока тварин із генотипом ВВ отримували більший вихід сиру у процесі переробки, крім того спостерігали більшу швидкість згортання молока, порівняно з тваринами генотипу АА [147]. Дослідження інших науковців підтверджують, що молоко тварин з генотипом ВВ за капа-казеїном характеризувалось кращими технологічними властивостями у порівнянні з молоком корів генотипів АВ та АА [86].

Щодо кількісних та якісних показників молочної продуктивності первісток різних генотипів, польські науковці констатують, що надій корів з генотипом АА за капа-казеїном становив 6414 кг, при цьому кількість молочного жиру становила 271 кг та молочного білка 209 кг. У гомозиготних тварин з генотипом ВВ за капа-казеїном надій був дещо нижчим і складав 6398 кг. Корови з гомозиготним генотипом АА давали на 325 кг більше молока, на 8 кг більше молочного жиру та на 9 кг більше молочного білка порівняно з худобою гетерозиготного генотипу АВ [183].

Деяким науковцям не вдалося встановити суттєву різницю за величиною добового надою між худобою різних генотипів. При цьому розглядалися тварини таких генотипів за капа-казеїном: АА і ВВ, АВ і ВВ, АА і АВ. Що стосується вмісту жиру в молоці, статистично значуща різниця

на рівні  $P < 0,05$  була виявлена між гомозиготними генотипами ВВ та АА. При порівнянні худоби генотипів АВ і ВВ; АА і ВВ була встановлена високодостовірна залежність білковості молока від генотипу за капа-казеїном ( $P < 0,01$ ) [165].

Українські науковці встановили суттєву різницю між показниками надою корів та генотипом за капа-казеїном. Зокрема у результаті досліджень отримані такі результати: рівень надоїв худоби української чорно-рябої молочної породи з гетерозиготним генотипом АВ високодостовірно ( $P < 0,1$ ) перевищував показники гомозиготних АА тварин на 18,92%. У той же час тварини генотипу АВ мали більший надій ніж корови генотипу ВВ на 24,9%. В українській червоно-рябій молочній породі корови генотипу за капа-казеїном АА мали більший надій ніж тварини генотипу ВВ на 8%. Рівень достовірності при цьому складав  $P < 0,05$ . При порівнянні показників надоїв худоби симентальської породи встановлено, що тварини з генотипом ВВ мали більший надій ніж аналоги генотипу АА на 4,09%. У той же час гомозиготні корови ВВ мали достовірно ( $P < 0,1$ ) більший надій ніж гетерозиготні АВ на 14,74% [19].

Науковці дослідили вітчизняні породи великої рогатої худоби щодо порівняння частоти у популяціях генотипів та алелей за капа-казеїном. Встановлено, що для голштинської, української червоно-рябої молочної, української чорно-рябої молочної та симентальської порід частота генотипу АА за капа-казеїном становить 0,793, 0,778, 0,664, 0,467.

Частка гетерозиготного генотипу АВ у вищеперерахованих породах розподілялась наступним чином: 0,207, 0,222, 0,312, 0,425 відповідно. Тварини з гомозиготним генотипом ВВ у таких породах як голштинська і українська червоно-ряба молочна не зустрічалися. Частота генотипу ВВ в українській чорно-рябій молочній породі становила 0,024. У худоби симентальської породи частота гомозиготного генотипу ВВ складала 0,108. За генетичною структурою щодо розподілу алелей А за капа-казеїном найбільш подібними виявились голштинська, українська чорно-ряба молочна

та українська червоно-ряба молочна породи, де алель А зустрічався з частотою 0,896, 0,820, 0,888 відповідно. У комбінованій симентальській породі частота алелю А була найнижчою – 0,679.

Частота бажаного алелю В була найвищою у тварин симентальської породи – 0,320. У худоби голштинської, української чорно-рябої та червоно-рябої молочних порід вона була значно нижчою і становила 0,104, 0,180, 0,112 відповідно. Подібність українських молочних порід худоби за генетичною структурою щодо частоти алелю В капа-казеїну пояснюється тим фактом, що у процесі створення вітчизняних молочних порід широко використовувались плідники голштинської породи, які несуть у собі лише близько 20% бажаного алелю. Стосовно частоти алеля В у популяціях бугаїв і корів встановлено, що частота бажаного алеля серед бугаїв голштинської породи становить 20,7%. У той же час у популяції корів української червоно-рябої молочної породи цей показник знаходився на рівні 22,2%, української чорно-рябої молочної породи – 33,6%. На думку авторів такий розподіл генів пов'язаний із жорстким відбором плідників [18].

Закордонні науковці у своїх працях пропонують для підвищення відсотку частоти алелю В використовувати у програмах селекції молочного поголів'я бугаїв-плідників лише генотипів АВ та ВВ за капа-казеїном. Для збільшення частоти алелю В передбачено використання у програмах розведення молочної худоби бугаїв з генотипами ВВ і АВ при штучному осіменінні. Ці ж дані констатують українські дослідники. Отже високий відсоток худоби, що мають генотип ВВ у популяції або стаді забезпечує підвищений вихід сиру у процесі переробки молока [3, 20, 150, 164].

За результатами наукових досліджень як вітчизняних так і зарубіжних науковців, підтверджується факт істотного впливу гену капа-казеїну на технологічні властивості молока. Молоко отримане від тварин з генотипом ВВ має більший вміст білка і вважається більш сиропридатним ніж молоко від тварин з іншими генотипами. Виявлена міжпородна диференціація за частотою генотипу та алелей капа-казеїну. Тому вважаємо, що у зв'язку з

інтенсивним використанням плідників зарубіжної селекції на поголів'ї української молочної худоби, необхідно проводити регулярний моніторинг з вивчення генотипу тварин за геном капа-казеїну. Вважаємо перспективним створення стад тварин з генотипом ВВ за даним геном.

#### **1.4. Комплексні генотипи за бета- і капа-казеїном та їхній вплив на якісні характеристики молока**

Певний науковий інтерес викликає питання наявності різних варіантів поєднань генотипів за бета- та капа-казеїном молока між собою.

Зокрема науковими експериментами, які були здійснені на поголів'ї голштинів у Чехії, було доведено, що найбільшою частотою характеризувались генотипи А1А2 за бета-казеїном і АА та АВ за капа-казеїном. У той же час генотипи бета-казеїну ВВ і капа-казеїну ВЕ зустрічались із найменшою частотою. Стосовно розподілу алелей у досліджуваній популяції було встановлено, що за геном білка бета-казеїну найбільша частота була характерна алелю А2 (0,617), найменша – алелю В – 0,040. За геном білка капа-казеїну найбільшу частоту мав алель А – 0,649, найменшу Е – 0,039 [137].

Дослідженнями групи інших науковців було доведено, що варіант бета-казеїну А1 переважно зустрічається з алелем Е капа-казеїну, а алель А2 з алелем В капа-казеїну [120].

Результатами пошукувань великої кількості наукових колективів підтверджено диференціацію за цією ознакою у межах значної кількості порід великої рогатої худоби.

Зокрема у голштинській породі була зафіксована така частота комплексних генотипів А2А2АА – 17,5 %, А1А2АА – 36,4%, А1А2/АВ – 14,9 [159]. У популяції симентальської худоби найбільш часто зустрічався

генотип  $A_2A_2/AB$ , а в червоній шведській –  $A_2A_2/AA$  [173]. Серед голштинів Данії найчастіше (30% поголів'я) спостерігався комплексний генотип  $A_2A_2/AA$ . Цей генотип з частотою 13% зустрічався і в червоній шведській породі цієї країни. Найбільшого поширення у цій популяції набув генотип  $A_1A_2/AE$  (18%). Другим за поширенням у популяції обох досліджених порід був комплексний генотип  $A_1A_2/AA$ , частота знаходилась у межах 15–17%. Серед джерсейів цієї країни найбільш часто зустрічалися генотипи  $A_2A_2/AB$ ,  $BA_2/BB$ ,  $A_2A_2/BB$  з частотою 23%, 19% та 16% відповідно. Найрідше зустрічався генотип  $A_2A_2/AA$  – 4% [119].

В Естонії корови голшинської породи найбільш часто мали комплексні генотипи  $A_1A_2/AA$  та  $A_2A_2/AA$ , що характеризувались частотою 23,1% та 27,4% відповідно. Серед решти 31 генотипів, які зустрічалися, питома вага не перевищувала 8%. Комплексний генотип  $A_1A_1/AE$  спостерігався лише у однієї особини [193].

Вміст у молоці білка та мінералів (фосфору і кальцію) у оптимальному співвідношенні є бажаним для споживання людиною та запорукою високої технологічності під час його переробки.

Оптимальний склад молока характеризується найвищим вмістом основних складових, білкових фракцій і мінералів, головним чином фосфору і кальцію. Дослідженнями, проведеними у популяції симентальської худоби Чехії доведено, що найбільш повноцінний вміст складових молока мали тварини генотипів  $A_2A_2/AB$ ,  $A_1A_2/BB$ ,  $A_1A_1/AA$ . Худоба з комплексним генотипом  $A_2B/AA$ ,  $A_2A_2/AB$ ,  $A_1A_1/AE$  мала найнижчий вміст фосфору в молоці [137].

У той же час іншими науковцями під час дослідження популяцій червоної шведської, голштинської та джерсейської порід не було встановлено достовірного впливу складних генотипів на кількість молока та його якісні характеристики [137].

Технологічні властивості молока в аспекті виготовлення твердого сиру актуальне питання наукових досліджень вже тривалий час. Стосовно



комплексних генотипів за бета– і капа– казеїном групою науковців встановлено, що молоко генотипів A2A2/AA, A2A2/BB, A1A2/BE у корів джерсейської породи, датського чорного та червоного голшина мало більш тривалі у часі терміни згортання сичужної сировини та відповідно нижчу інтенсивність утворення згустку порівняно з генотипами A2A2/BB та A1A2/AA [83].

Таким чином вивчення питання комплексних генотипів за бета-та капа-казеїном викликає науковий інтерес насамперед у аспекті необхідності формування стад тварин з бажаним генотипом A2A2BB, який забезпечить отримання підвищеного виходу сиру з даної молочної сировини у поєднанні з унікальними якостями безпечного молока A2.

### **1.5. Обґрунтування напрямів власних досліджень**

Вирішення проблеми підвищення ефективності галузі молочного скотарства вимагає пошуку ефективних селекційних та генетичних заходів, реалізація яких дозволить отримувати тварин, що мають бажані показники якості молока. Ці показники повинні забезпечувати безпеку харчування людини та високу технологічність молока при його переробці.

Проведення генетичних досліджень та врахування їхніх результатів у подальшій селекційній роботі з молочними породами великої рогатої худоби дає змогу не лише покращити спеціалізовані породи, а й зберегти автохтонні породи. Генетичний моніторинг повинен бути проведений у межах маточного поголів'я, живих плідників, генетичного матеріалу генофондних банків.

Поголів'я бурої худоби північно-східного регіону України, а саме лебединської та української бурої молочної порід, як зазначають дослідники за останні роки істотно скоротилося. Виявлення унікальних властивостей, а

саме якісних характеристик молока, дозволить на нашу думку, проводити ефективну роботу з їхнього збереження.

Особливості селекційно-племінної роботи з молочними породами з метою максимального використання їх генетичного потенціалу потребує постійного моніторингу змін генеалогічної структури. Важливим є дослідження динаміки якісних характеристик молока та проведення молекулярно-генетичних досліджень. На нашу думку результати цих досліджень дають нам статистично значущі критерії оцінки порід, ліній та окремих особин, які необхідно використовувати для вдосконалення або збереження порід.

Важливим завданням є пошук генетичних взаємин між генотипами тварин за бета- та капа-казеїном. Отримання тварин з бажаним комплексним генотипом за даними ознаками дозволить підвищити ефективність молочного скотарства та надасть можливість більш ефективно впроваджувати заходи зі збереження місцевих порід худоби.

Виходячи з вищезазначеного, комплексне вирішення проблемних питань, що стосуються розробки методів формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями задля підвищення якісних показників молока молочної худоби північного сходу України, має важливе теоретичне і практичне значення та обумовлює актуальність теми дисертації.

## РОЗДІЛ 2

### ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальну частину робіт виконано у період 2014-2022 років на базі Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН», ТОВ «Сумський селекційний центр», ТДВ «Племзавод «Михайлівка» Сумського району, ПСП «Комишанське», ТДВ «Маяк» Охтирського району, ФГ «Урожай» Роменського району Сумської області, ПОСП «Хлібороб» та ПОСП «Ічнянське» Прилуцького району Чернігівської області шляхом аналізу продуктивних якостей поголів'я худоби генотипованого за генами бета- та капа-казеїном молока.

Дослідження згідно теми дисертації було проведено відповідно наведеної загальної схеми досліджень, якою було заплановано проведення науково–виробничих експериментів у декількох напрямках (табл. 2.1).

Генотипи за бета-казеїном та капа-казеїном було визначено у 182 голови корів та телиць лебединської породи, 41 голови – симентальської, 91 голови української бурої молочної породи, 644 голови корів української чорно-рябої молочної породи, 235 голів корів української червоно-рябої молочної породи, у наявного живого поголів'я ремонтних бугайців помісей лебединської та ОВУ (n=23) (ТДВ «Племзавод «Михайлівка» Сумського району, «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН Сумського району, ПСП «Комишанське», Охтирського району).

Задля оцінки бугаїв-плідників за генотипом бета-казеїну та капа-казеїну в контексті передумов збереження унікальних популяцій худоби в Україні була досліджена сперма плідників білоголової української (n=8), сірої української (n=11), червоної степової (n=2) порід, бурої карпатської різної умовної кровності (n=15), що зберігається у Банку генетичних ресурсів



Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

тварин Інституту розведення і генетики тварин ім. М. В. Зубця НААН, лебединської різної умовної кровності (n=12) та української чорно-рябої молочної (n=30), симентальської (n=13) порід банку сперми Сумського селекційного центру, голштинської (n=15) банку сперми Української генетичної компанії.

Визначення поліморфізму генів бета- та капа-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелей методом полімеразно ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі.

Для молекулярно-генетичних досліджень використовували одну дозу сперми кожного бугаїв-плідників (відповідної породи). Для виділення геномної ДНК було взято 4 мкл проби з дози сперми кожного з племінних бугаїв цих порід.

Для ампліфікації фрагменту гена використовували праймери:

5'-GAAATCCSTACCATCAATACC-3 ';

5'-CCATCTACGCTAGTTTAGATG-3 '

Для рестрикції гену капа-казеїну використовували рестриктазу HinfI [166, 175]. Після рестрикції виявляли фрагменти довжиною 113, 91, 49 п.н. (тварини генотипу AA); 224, 113, 91, 49 п.н. (тварини генотипу AB); 224 та 49 п.н. (тварини генотипу BB) [125].

Електрофоретичне розділення рестриктних фрагментів ДНК проводили згідно методичних рекомендацій [73].

Визначення поліморфізму гену бета-казеїну проводили в генетичній лабораторії Інституту фізіології ім. Богомольця НАН за допомогою молекулярно-біологічного аналізу розпізнавання алелей методом полімеразно-ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі.

Зразки крові відбирали у моновети об'ємом 2,7 мл ("Sarstedt", Німеччина) з наступним заморожуванням зразків та їх зберіганням при -20°C. ДНК для генотипування отримували із зразків за допомогою набору для очищення геномної ДНК Monarch® New England BioLab (США) згідно з

протоколом виробника. Для проведення алельної дискримінації використовувалась система TagMan@Genotyping та набір праймерів та зондів.

Аналіз бугаїв-плідників молочних порід, допущених до використання у 2020 році за генотипами бета-, капа- казеїну та комплексного генотипу здійснювався шляхом проведення аналізу даних 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 за генотипом бета- та капа-казеїну бугаїв голштинської (n=872) (Uk.altagenetics.com; altagenetics.ru;<https://www.ggi.de/ru/glavnaja/>; Semex.com; [https://www.cdn. Ca / query/individual.php](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/](http://sperma.com.ua/produkcja/sperma-bugayiv/chervono-rjaba-golshtinska/)), симентальської (n=17) (cgi.zar.at/cgi-bin/zw\_default.pt; <https://www.ggi.de/ru/glavnaja/>), монбельярдської (n=13)(wro.synel.net; motbeliarde.org), джерсейської (n=59) (<https://www.cdn.ca/query/individual.php>), червоної данської (n=8) (Viking Genetics. com; <https://www.cdn.ca/query/individual.php>), червоної норвежської (n=7) (Geno.no), швіцької (n=17) (<https://www.ggi.de/ru/glavnaja/>), айширської (n=8) (<https://www.cdn.ca/query/individual.php>) оцінених за якістю потомства традиційним методом та геномно.

Крім того нами був використаний сайт DairyBulls.com – єдина в світі нейтральна платформа для пошуку бугаїв-плідників за кількома генетичними базами даних, для аналізу оцінки бугаїв-плідників. Нами проаналізовані показники щодо: надою (Milk), кількості молочного жиру (Fat), білка (Prot) та окремі економічні індекси. Індекс прибутку за сиром (Life time Cheese Merit \$) – показник, створений для виробників молока, що реалізують його для виробництва сиру (оплата за компоненти). Індекс прибутку по молоку (Life time Fluid Merit \$) – для виробників молока, які збувають його на ринку питного молока (оплата за обсяг).

Підрахунок частот алелей проводили із врахуванням кількості гомозигот і гетерозигот, знайдених за відповідним алелем за формулою:

$$P(A) = \frac{2N_1 + N_2}{2n} \quad (2.1)$$

де  $N_1$  і  $N_2$  – відповідно число гомозигот і гетерозигот для досліджуваного алеля;

$n$  – число вибірки.

З метою оцінки статистичної достовірності розбіжності розподілів одержаних результатів використовували критерій Пірсона:

$$\chi^2 = \frac{\sum(\Phi - T)^2}{T} \quad (2.2)$$

де:  $\Phi$  – фактична кількість генотипів;

$T$  – теоретична кількість генотипів [5].

Фактичну (наявну) гетерозиготність визначали шляхом прямого підрахунку за формулою:

$$H_o = \frac{N_2}{n} \quad (2.3)$$

Очікувану гетерозиготність визначали за формулою:

$$H_E = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2 \quad (2.4)$$

де  $p_1, p_2, \dots, p_n$  – частоти алелей.

Для генетичної характеристики поголів'я також визначали рівень гомозиготності ( $C_a$ ):

$$C_a = (p(A)^2 + p(B)^2) * 100; \quad (2.5)$$

рівень поліморфності,  $N_a$ :

$$N_a = 1/C_a; \quad (2.6)$$

тест гетерозиготності, визначали шляхом співставлення відношень між емпіричними гетерозиготами і емпіричними гомозиготами з аналогічним відношенням, отриманими за теоретичними даними;

коефіцієнт ексцесу ( $D$ ) кількісно оцінює нехватку або перебільшення фактичної гетерозиготності у досліджуваних популяцій в порівнянні з теоретично розрахованим показником [20].

Для оцінки господарсько-корисних ознак використовували електронну базу даних СУМС «Орсек». Оцінювали зміни живої маси худоби до 18-ти місячного віку, показники відтворної здатності, молочної продуктивності.

Для відбору проб молока використовували лічильник – індикатор ИУ-1. Пробу молока зберігали у пластиковій ємкості (25 мл) та консервували її розчином хромпіку (концентрація 10%) в кількості 0,2 мл.

Вміст складових молока визначали у лабораторії Сумського національного аграрного університету на обладнанні Ultrasonic milk analyzer Master Classic.

Молоко-сировину для сироваріння оцінювали згідно з ДСТУ 3662:2015 «Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови».

Вміст фракцій азоту у голландському сирі визначали за методикою ДСТУ ISO 8968:2005-4 (Молоко. Визначення вмісту азоту. Частина 2. Метод визначення небілкового азоту), за допомогою дигестора та дистильатора «Fisher Bioblock Scientific».

Кількісний склад амінокислот у зрілому голландському сирі визначали використовуючи амінокислотний аналізатор “Biotronik LC 2000”, за методикою – ДСТУ ISO 13903:2009 Корми для тварин. Метод визначення вмісту амінокислот.

Вивчення генеалогічної структури проводилося шляхом визначення походження кожного бугая-плідника та матки, котрих використовували при створенні типу з подальшим встановленням належності їх до окремих ліній та родин (Й.З. Сірацький та ін., 2005).

Відтворну здатність охарактеризовано такими основними показниками (Й.З. Сірацький та ін., 2005):

- вік при першому отеленні (підрахунок числа днів від народження телиці до її першого отелення);
- сервіс-період (підрахунок числа днів від отелення до запліднення);
- міжотельний період (кількість днів між двома суміжними отеленнями).



Результати досліджень обробляли методами математичної статистики у середовищі Windows на ПЕОМ.

Достовірність (вірогідність) різниці між груповими середніми величинами оцінювали за критерієм достовірності Ст'юдента. Визначення достовірності за частотою проводили за критерієм Фішера.

Різницю між середніми значеннями вважали статистично вірогідною при  $P < 0,05$ (\*;<sup>1</sup>),  $P < 0,01$ (\*\*;<sup>2</sup>),  $P < 0,001$ (\*\*\*;<sup>3</sup>).

## РОЗДІЛ 3

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**3.1. Оцінка порід великої рогатої худоби за поліморфізмом гену бета-казеїну**

Зважаючи на актуальність досліджень щодо генотипу великої рогатої худоби за бета-казеїном у світі, аналогічні експерименти були проведені на поголів'ї корів різних порід північного сходу України.

Результатами ДНК-тестування локусу бета-казеїну на наявність A1 і A2–алельних варіантів у корів досліджуваних порід встановлено, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу A2A2 характеризуються тварини лебединської породи (57%). Також високою частотою цього генотипу характеризувалися тварини української бурої молочної породи (46%). Тварини симентальської породи мали дещо менше значення частоти бажаного генотипу (42%), а тварини української чорно- та червоно-рябої молочних порід характеризувалися частотою, що в 1,5 рази була нижчою в порівнянні з тваринами бурих порід. Більша частота гетерозиготного генотипу A1A2 характерна тваринам симентальської породи (51%). Гомозиготні генотипи A1A1 частіше зустрічалися у тварин українських чорно- та червоно- рябих молочних порід. Коровам лебединської породи характерна найвища частота алеля A2, тоді як тварини чорно- та червоно-рябої молочних порід мали найвищу частоту алеля A1 (табл. 3.1).

Існує загальноприйнята думка, що порушення випадкового схрещування повинно викликати відхилення в частотах генотипів від очікуваного рівноваги Харді-Вайнберга і в результаті інбридингу частоти генотипів повинні змінюватися в бік переважання гомозигот. Це спостерігається у тварин лебединської породи та української чорно- та червоно-рябої молочних порід. У них очікувана гетерозиготність переважала фактичну.

## Частота генотипів та алелей гену бета-казеїну у корів (2019 рік)

Порода	Розподіл <sup>1</sup>	Генотипи, %			Алель, од		$\chi^2$
		A1A1	A1A2	A2A2	A1	A2	
Лебединська	Ф	10	33 <sup>b*</sup>	57	0,27	0,73	2,76
	О	7	39	54			
Українська буря молочна	Ф	8	46	46	0,32	0,68	0,25
	О	10	43	47			
Симентальська	Ф	7	51	42	0,33	0,67	1,04
	О	11	44	45			
Українська чорно- ряба молочна	Ф	17	45	38 <sup>a***</sup>	0,40	0,60	2,20
	О	16	48	36			
Українська червоно-ряба молочна	Ф	18	46	36 <sup>a***</sup>	0,41	0,59	0,41
	О	17	48	35			

Примітка: Ф – фактичний розподіл генотипів, О – очікуваний розподіл генотипів; а – різниця між частотами генотипів у популяції лебединської породи та худоби інших порід; b – різниця між частотами генотипів у популяції симентальської породи та інших порід; P – рівень значущості згідно за критерієм Фішера: \* – P<0,05; \*\*\* – P <0,001

Однак у тварин української бурої молочної породи та симентальської навпаки, фактична гетерозиготність переважали очікувану, про що також свідчить негативне значення індексу фіксації Райта. Це свідчить про незначний надлишок, гетерозигот в межах цих стад (табл. 3.2).

Таким чином, досліджені нами групи тварин характеризується різними рівнями гетерозиготності. Використовуючи генетико-статистичні методи аналізу, шляхом визначення цифрових значень таких генетичних констант як ступінь гомозиготності (Ca), рівень поліморфності (Na) ми намагалися оцінити перспективність роботи з підвищення частоти бажаного генотипу A2A2 у піддослідних стадах.

**Значення основних показників мінливості за геном бета-казеїну (2019 рік)**

Порода	$H_o$	$H_e$	$F_{is}$
Лебединська	0,333	0,390	0,145
Українська бура молочна	0,456	0,433	-0,053
Симентальська	0,512	0,442	-0,160
Українська чорно-ряба молочна	0,464	0,484	0,042
Українська червоно-ряба молочна	0,449	0,479	0,062

Примітка:  $H_o$  – фактична гетерозиготність,  $H_e$  – очікувана гетерозиготність,  $F_{is}$  – фіксаційний індекс

Дослідженнями було встановлено, що ступінь гомозиготності у досліджуваних популяціях великої рогатої худоби за геном бета-казеїну знаходиться в межах 51,6-61,0%, і була вищою у тварин лебединської породи. Більшим числом ефективно діючих алелей характеризувалась худоба українських чорно- та червоно-рябих молочних порід. Тест гетерозиготності (ТГ), який свідчить про рівень генетичного різноманіття популяції був негативним у корів лебединської, українських чорно- та червоно-рябих молочних порід, що свідчить про меншу частку фактичних гетерозигот відносно частки теоретичних гетерозигот за відповідними генами казеїну. Що стосується коефіцієнту ексцесу (D), який характеризує співвідношення фактичної гетерозиготності до теоретичної, то відмічаємо відхилення дійсної гетерозиготності від очікуваної з лівостороннім ексцесом у тварин цих порід, що також свідчить про дефіцит гетерозигот. У цілому можна констатувати, що дані генетико-статистичного аналізу свідчать про незначний надлишок у бета-казеїновому локусі гомозиготних варіантів A1A1 та A2A2, і нестачі гетерозиготного A1A2 у тварин українських чорно- та червоно-рябих молочних порід. Серед плідників вищою частотою бажаного генотипу A2A2 відрізняються тварини української бурої молочної породи та лебединської породи, які були отримані в результаті заповних паруваль в результаті

виконання науково–дослідної роботи з збереження бурої худоби в Україні (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Генетична структура порід за генотипами бета-казеїну (2019 рік)**

Показники	Порода									
	лебединська		українська бура молочна		симентальська		українська чорно–ряба молочна		українська червоно–ряба молочна	
	ф	о	ф	о	ф	о	ф	о	ф	о
Гетерозиготи, голів	44	52	41	39	21	18	261	278	109	114
Гомозиготи, голів	88	80	49	51	20	23	320	303	126	121
Коефіцієнт гетеро/гомозиготи	0,50	0,65	0,84	0,77	1,05	0,78	0,82	0,92	0,87	0,94
Тест гетерозиготності	–0,14	–	0,07	–	0,26	–	–0,10	–	–0,07	–
Ступінь гомозиготності Са, %	61,0	–	56,7	–	55,8	–	52,1	–	51,6	–
Рівень поліморфності, Na	1,64	–	1,76	–	1,79	–	1,92	–	1,94	–
Коефіцієнт ексцесу D	–0,14	–	0,05	–	0,16	–	–0,06	–	–0,04	–
Частка гомозигот, %	66,7	–	54,4	–	48,8	–	55,1	–	53,6	–

Примітка: \*ф – фактичне значення, о – очікуване значення

Плідники лебединської породи, сперма яких зберігається у генфондному сховищі мають не високу частоту бажаного генотипу – 17% (табл. 3.4).

Але при цьому вони мають найвищу частоту гетерозиготного генотипу А1А2. Більшою частотою гомозиготного генотипу А1А1 відрізняються ці ж плідники та бугаї української чорно–рябої молочної породи. Даний генотип

не зустрічався у тварин української бурої молочної та лебединської породи, отриманих від замовних парувань.

Таблиця 3.4

**Частоти генотипів та алелей гену бета-казеїну у плідників різних порід (2019 рік)**

Порода	Генотипи, %			Алель, од	
	A1A1	A1A2	A2A2	A1	A2
Лебединська різних генотипів (генофондне сховище) (n=12)	25	58	17	0,54	0,46
Лебединська (живі плідники) (n=19)	0	48	52	0,24	0,76
Українська бура молочна (n=5)	0	40	60	0,20	0,80
Симентальська (n=10)	15	39	46	0,35	0,65
Українська чорно-ряба молочна (n=30)	27	43	30	0,48	0,52
Українська червоно-ряба молочна <sup>1</sup> (n=19)	29	38	33	0,48	0,52

Примітка: <sup>1</sup> результати оцінки плідників голштинської породи червоно-рябої масті за сайтом [https://www.cdn.ca / query / individual.php](https://www.cdn.ca/query/individual.php)

a – різниця між частотами генотипів у популяції лебединської породи та худоби інших порід; P – рівень значущості згідно за критерієм Фішера: \* – P<0,05

У нашому дослідженні було встановлено, що алель A2 бета-казеїну був більш поширеним у популяції лебединських корів (0,73), української бурої молочної породи (0,68) та симентальської (0,67). У тварин української чорно-та червоно-рябої молочних порід, при розведенні яких широко застосовуються бугаї голштинської породи, частота алелю A1 (0,397-0,411) була вищою у порівнянні з тваринами інших порід. Ці результати відповідають раніше опублікованим дослідженням, в яких у тварин бурих порід частота алелю A2 складала 0,66-0,705 (табл.3.5).

Це стосується тварин лебединської та української бурої молочної породи, при розведення якої широко використовували плідників швіцької породи. Низьку частоту алеля A2 у плідників лебединської породи

(генофондне сховище) на нашу думку можна пояснити тим, що це були плідники минулих поколінь (70–х років народження минулого століття).

Таблиця 3.5

**Частота алелей гену бета–казеїну споріднених порід (за даними дослідників)**

Порода	Частоти алелей		Джерело
	A1	A2	
Braunvie	0,108	0,705	Ehrmann et al, 1997
Braunvie	0,14–0,15	0,66–0,72	Swalssgood, 1992
Braunvie	0,14–0,18	0,66–0,72	Ehrmann et al, 1997
Симентальська	0,190	0,630	Curik et al, 1997
Симентальська	0,343	0,566	Ehrmann et al, 1997
Голштинська	0,371	0,546	Massella, 2017

Тому, при їхньому розведенні не використовували плідників швіцької породи і не проводили селекцію за генотипом бета–казеїну. У популяціях молочної худоби, на поголів'ї яких широко використовується голштинська порода, суттєвої різниці з попередніми результатами за алелем A2 бета–казеїну не встановлено.

Таким чином, у результаті проведеної роботи були встановлені частоти алелей та генотипів за локусом бета–казеїну. Встановлено, що породи молочної худоби, що розводяться на Північному Сході України суттєво відрізняються між собою за даною ознакою. Отримані результати свідчать про відсутність направленої селекційної роботи в напрямку створення стад з генотипом тварин A2A2 за бета–казеїном. Винятком є худоба бурих порід, про що свідчить отримання бугайців від замовних паруваль, у яких частота бажаного генотипу вище 50%. Тому, можна стверджувати про наявність перспектив щодо досить швидкого створення у популяціях лебединської та української бурої молочної порід таких стад. Подібна робота з молочними

стадами української чорно- та червоно-рябої молочних порід можлива, але потребує більшого часу, що пов'язано з низькою частотою генотипів А2А2 за бета-казеїном у стадах.

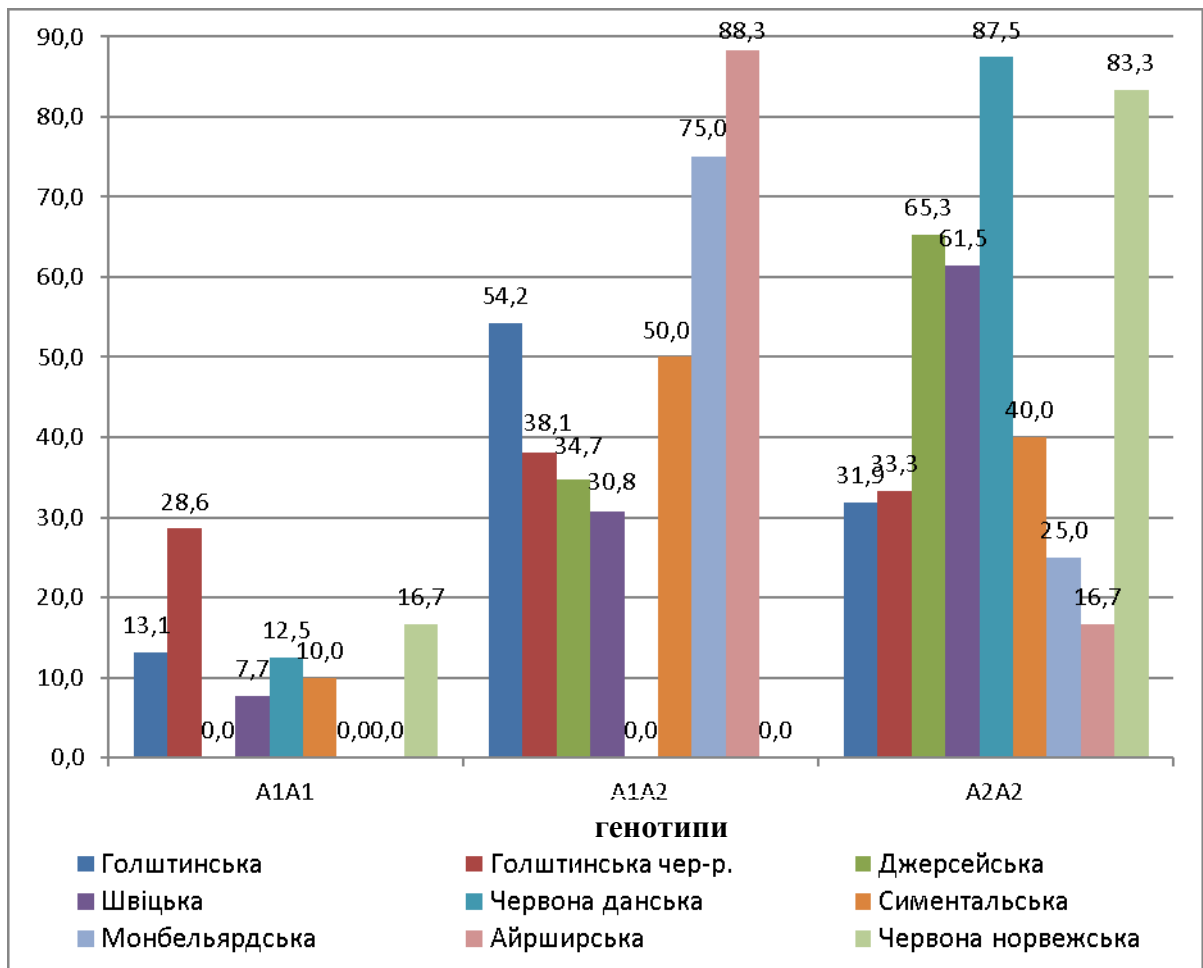
### **3.1.1. Характеристика генетичної структури за геном бета-казеїну плідників допущених до використання в Україні у 2020 році**

Принципи ведення галузі молочного скотарства методами великомасштабної селекції регламентують визначальну роль бугаїв-плідників у процесі формування як окремих стад, так і популяцій великої рогатої худоби [17, 18, 19].

Згідно даних Каталогів плідників провідних селекційних компаній світу левова частка поголів'я особливо останніх двох десятиліть народження має у структурі оцінки якісних показників продуктивності тварини результати тестування за бета-казеїном. Використання бугаїв визначеної якості за геном бета-казеїну дозволить значно прискорити процес формування стад А2А2 [119, 125, 186].

В умовах України згідно аналізу даних Каталогу бугаїв молочних і молочно-м'ясних порід для відтворення маточного поголів'я в 2020 році, було встановлено, що з 872 бугаїв голштинської породи допущених до використання, за генотипом бета-казеїну оцінено 61% тварин. З 59 джерсеїв оцінено – 83%; із 17 швіців – 77%; із 17 сименталів – 53%; із 13 монбельярдів – 62%; із 8 плідників червоної данської – 100%; із 7 бугаїв червоної норвежської – 71%; з 8 тварин айрширської – 75%. Найбільша частка бугаїв з генотипом А2А2 встановлена у бугаїв червоної данської та червоної норвежської порід (рис. 3.1).



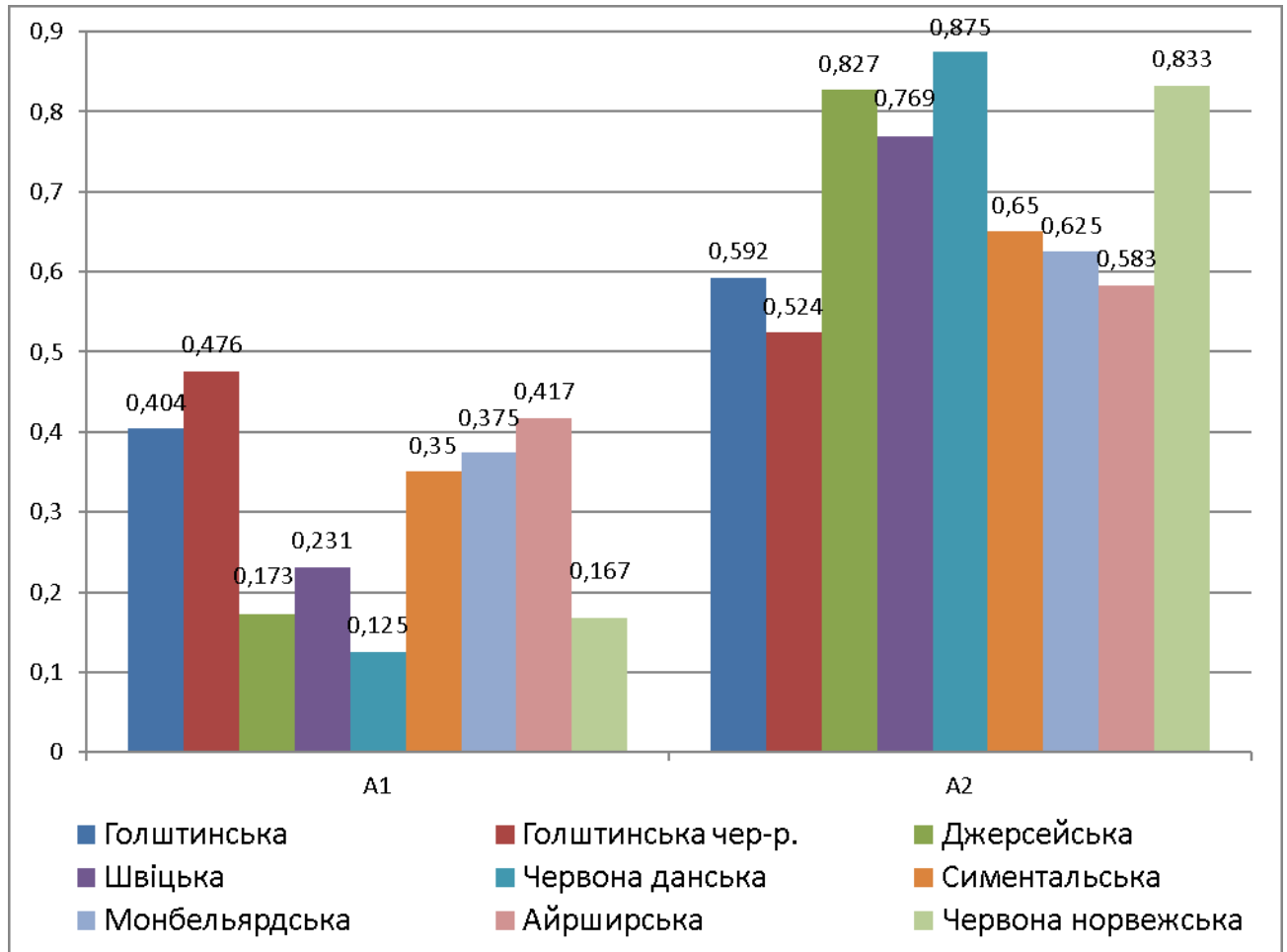


*Рис. 3.1. Структура бугаїв за генотипом бета–казеїну, %*

Найменша частка бугаїв–плідників бажаного генотипу зустрічається у айширській, монбельярдській та голштинській породах. Більшою часткою особин з генотипом A1A1 характеризувалися бугаї голштинської породи червоно–рябої масті, а тварини джерсейської, монбельярдської та айширської порід з таким генотипом взагалі відсутні у каталозі. Більша кількість гетерозиготних генотипів A1A2 поширена серед айширів та монбельярдів. Серед плідників червоної данської породи гетерозигот не виявлено. Слід констатувати, що бугаї швіцької породи мали високі значення частоти генотипу A2A2. Відмітимо що генотип A2B (2 голови) виявлений лише у представників голштинської породи.

З позицій прогнозу швидкості формування майбутніх популяцій гомозиготних за A2 алелем певний науковий інтерес представляє собою

частота розподілу алелей гену бета-казеїну у бугаїв різних порід допущених до використання (рис 3.2).



**Рис. 3.2. Частота розподілу алелей гену бета-казеїну у бугаїв різних порід**

Найбільшу частку бажаного алеля А2 виявлено у бугаїв локальних місцевих порід: червоної данської, червоної норвежської та джерсейської. Меншою часткою даного алеля характеризувалися плідники голштинської та айрширської порід. Відповідно бугаї цих порід характеризувалися більшою часткою алелю А1, а найменшою – бугаї червоної данської. Частота алелю В складала 0,004 лише у бугаїв голштинської породи. У той же час частота алелю А2 у бугаїв швіцької породи була однією із найвищих і становила 0,769.

У процесі селекції використання бугаїв-плідників з генотипом за бета-казеїном А2А2 повинно обов'язково поєднуватись з покращенням

господарсько-корисних ознаки нащадків порівнянні з бугаями інших генотипів (A2A1 та A1A1). Це сприятиме не тільки отриманню тварин з бажаним генотипом, а й підтриманню бажаного рівня молочної продуктивності, якості молока, відтворювальної здатності та тривалості господарського використання корів. Для цього нами проаналізована оцінка бугаїв-плідників найбільш чисельно представлених порід в каталозі. Серед бугаїв-плідників голштинської породи достовірної різниці за надоєм між тваринами трьох досліджуваних генотипів за бета-казеїном та середнім за породою (серед бугаїв каталогу) не виявлено. За кількістю молочного жиру у дочок, бугаї голштинської породи з генотипом A2A2 достовірно переважали бугаїв з генотипом A1A1 ( $P < 0,01$ ) та показники середнього значення по породі ( $P < 0,05$ ). Червоно-рябі голштинські плідники з генотипом A2A2 достовірно переважали за цим показником плідників з генотипом A1A2 ( $P < 0,05$ ). За всіма економічними індексами бугаї голштинської породи (чорно-рябої масті) з генотипом A2A2 переважали середній показник за породою ( $P < 0,05$ ). Голштинські бугаї з генотипом A2A2 вірогідно переважали тварин з генотипом A1A1 ( $P < 0,01$ ) за індексом NM\$ та бугаїв з генотипом A1A2 за FM\$ ( $P < 0,01$ ), CM\$ ( $P < 0,05$ ) та GM\$ ( $P < 0,05$ ). Червоно-рябі голштинські бугаї з гетерозиготним генотипом A1A2 вірогідно переважали бугаїв з генотипом A2A2 ( $P < 0,05$ ) за NM\$ та FM\$. Серед бугаїв джерсейської породи достовірна різниця встановлена лише між бугаями з генотипами A2A2 та A1A2 за індексом CM\$ ( $P < 0,05$ ) за переваги гомозиготних за A2 тварин. Серед плідників швіцької породи достовірної різниці за оцінюваними показниками та індексами продуктивності не встановлено (табл. 3.6).

Таким чином, згідно результатів проведених досліджень ми можемо стверджувати, що використання бугаїв, допущених до використання у 2020 році, з генотипом A2A2 на маточному поголів'ї корів вітчизняних порід дозволить достовірно покращити деякі господарсько-корисні ознаки

потомства, а також сприятиме отриманню бажаного генотипу корів визначених стад.

Таблиця 3.6

**Оцінка бугаїв за показниками та індексами продуктивності потомства залежно від генотипу за геном бета-казеїну\*(2020 рік)**

Порода	Генотип/порода (к-ть голів)	Milk	Fat	Prot	NM\$	FM\$	CM\$	GM\$
Голштинська	A1A1 (n=64)	1261 ±80,2	61 ±2,7	48 ±2,4	677 ±25,3	638 ±24,6	697 ±26,0	620 ±24,5
	A1A2 (n=265)	1194 ±35,2	64 ±1,5	47 ±1,0	670 ±14,2	628 ±13,3	695 ±14,5	615 ±13,3
	A2A2 (n=156)	1216 ±49,7	72 ±2,0 <sup>1</sup>	50 ±1,4	737 ±17,1 <sup>1</sup>	683 ±16,2 <sup>1</sup>	759 ±18,2 <sup>1</sup>	673 ±16,7 <sup>1</sup>
Голштинська червоно-ряба	A1A1 (n=12)	958 ±162,4	49 ±5,4	34 ±3,1	544 ±35,1	517 ±35,4	557 ±36,2	485 ±30,7
	A1A2 (n=16)	1042 ±115,2	56 ±5,3	40 ±2,8	639 ±34,5	600 ±35,3	659 ±34,7	558 ±34,0
	A2A2 (n=14)	830 ±138,7	36 ±5,1	36 ±2,8	534 ±39,3	487 ±37,6	558 ±40,7	482 ±40,1
Джерсейська	A1A1	–	–	–	–	–	–	–
	A1A2 (n=17)	680 ±124,8	42 ±5,5	31 ±4,1	365 ±31,5	331 ±26,7	373 ±31,4	290 ±34,1
	A2A2 (n=32)	848 ±75,1	52 ±2,9	39 ±2,0	433 ±21,7	380 ±21,0	451 ±22,2	332 ±28,1
Швіцька	A1A1 (n=1)	446	21	25	352	306	374	334
	A1A2 (n=4)	504 ±163,9	26 ±5,2	23 ±2,6	348 ±20,6	316 ±30,0	363 ±16,8	326 ±19,0
	A2A2 (n=8)	837 ±226,6	34 ±5,6	31 ±7,1	321 ±50,8	298 ±47,0	332 ±53,4	281 ±49,1
Середнє за породою	Голштинська (n=485)	1203 ±27,1	66 ±1,1	48 ±0,8	689 ±10,2	643 ±9,7	712 ±10,6	631 ±9,8
	Голштинська червоно- ряба(n=42)	947 ±78,1	47 ±3,3	37 ±1,7	577 ±22,0	539 ±21,9	596 ±22,4	512 ±20,9
	Джерсейська (n=49)	790 ±65,7	49 ±2,7	36 ±2,0	409 ±18,3	363 ±16,8	424 ±18,7	318 ±21,9
	Швіцька (n=13)	705 ±151,2	31 ±3,9	28 ±4,4	331 ±31,2	304 ±29,5	345 ±32,7	299 ±30,6

\* порівняння проведено до показників середнього за породою

При цьому слід вважати на загальновідомий факт, що схрещування двох тварин з генотипом A2A2 за бета-казеїном гарантовано дає потомство такого ж генотипу. Необхідно пам'ятати, що при схрещуванні гетерозиготних A1A2 корів з гомозиготними бугаями A2A2, можна максимально отримати 50% тварин з бажаним генотипом. У випадку схрещування гомозигот A1A1 з гомозиготами A2A2 тварин ми отримуємо лише гетерозиготне потомство A1A2 і на таких стадах необхідно продовження використання гомозиготних бугаїв з геном A2. Тому створення молочних стад з виробництва молока, яке містить лише бажаний алель A2 бета-казеїну, вимагає певного часу [120, 152, 166].

З метою встановлення стану селекційної ситуації щодо поширення гену бета-казеїну A2 у сільськогосподарських підприємствах північно-східного регіону України, нами проаналізовано кількісний та якісний склад бугаїв-плідників голштинської та швіцької порід, генетичний матеріал яких використовувався у господарствах активної частини популяції Сумської області протягом останніх трьох років. Зокрема встановлено, що у племрепродукторах та племзаводах використовувалися 38 плідників голштинської породи, серед яких лише 11% було оцінені за геном бета-казеїну. Два з них були гомозиготи A2A2, два гетерозиготи A1A2. Із 12 бугаїв швіцької породи 42% були оцінені за генотипом бета-казеїну: серед них два бугаї мали гетерозиготний генотип A1A2, два – гомозиготний A2A2 та один – A2B. Це є підтвердженням того, що в Сумському регіоні не проводилась цілеспрямована робота зі створення стад з виробництва молока з генотипом A2A2 за бета-казеїном.

Результати наших досліджень підтверджують аналогічні, які проведені іншими вченими. Так частота алелю A2 складає – 0,563 для сірої худоби; 0,400 – пінцгау; 0,750 – румунської червоної [175, 176]. Також інші дослідники зазначають, що молоко від гернзейської, джерсейської та азійських порід великої рогатої худоби, містять переважно бета-казеїн A2.

Молоко корів голштинської породи в основному містить бета-казеїн А1 [107, 166, 175, 178].

Таким чином створена база даних плідників оцінених за генотипом бета-казеїну, допущених до використання в Україні, дозволяє встановити позитивну перспективу можливості формування стад з виробництва молока А2А2. Доведено диференціацію бугаїв за частотою алелей бета-казеїну у межах порід. Зокрема найбільшою частотою гомозигот А2А2 відрізняються бугаї-плідники локальних червоної данської та червоної норвежської порід (відповідно 87,5 та 83,3 %). Частота розподілу алелей А2 гену бета-казеїну була вищою у тварин червоної данської (0,875), червоної норвежської (0,833) та джерсейської порід (0,822).

За показниками та індексами продуктивності потомства бугаї генотипу А2А2 не поступаються плідникам інших генотипів, а у деяких випадках достовірно перевищують базові показники, що робить доцільним їхнє ефективне використання у стадах.

### **3.1.2. Перспективи створення мікропопуляції бурої худоби з унікальними продуктивними властивостями за бета-казеїном на прикладі ПСП «Комишанське» Охтирського району**

Зважаючи на велику насиченість маточних стад північно-східного регіону України тваринами з генотипом А2А2 за бета-казеїном та значну частоту генетичного матеріалу бугаїв з бажаним генотипом у провідних селекційних компаніях світу, історичну районованість бурої худоби у сільськогосподарських підприємствах Сумщини та необхідність збереження унікального поголів'я, у своїх подальших дослідженнях ми розглянули питання можливостей створення мікропопуляцій з унікальними продуктивними властивостями.

Проведене дослідження щодо встановлення генотипу за геном бета-казеїну генетичного матеріалу бугаїв бурих порід мало за мету вивчення генетичних особливостей кожного з плідників з метою опосередкованого визначення генетичної структури досліджуваної популяції за геном бета-казеїну та визначення можливостей використання їхньої спермопродукції у замовних паруваннях.

У результаті досліджень встановлено, що серед досліджених за геном бета-казеїну дев'ять бугаїв були бажаного гомозиготного генотипу A2A2, три плідники мали гомозиготний генотип A1A1, вісім тварин характеризувались гетерозиготним генотипом A1A2 (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Характеристика бугаїв бурих порід за генотипом бета-казеїну (2020 рік)**

Кличка бугая	№ бугая	Порода	Генотип
Буйний	102	Лебединська	A1A2
Дикий	7933	Лебединська	A1A1
Карий	12273	Лебединська	A1A2
Зоркий	9902	Лебединська	A2A2
Качур	5296	Лебединська	A1A2
Рогіз	5002	Леб* швіцька	A1A2
Фінал	1008	Леб* швіцька	A2A2
Залп	17505	Леб* швіцька	A1A1
Паром	2075	Леб* швіцька	A1A1
Зайчик	17000	Леб* швіцька	A1A2
Мурат	79	Леб* швіцька	A1A1
Чистий	17035	Леб* швіцька	A1A2
Готор	8011946865	швіцька	A2A2
Драго	758976242	швіцька	A1A2
Абель	593920645	швіцька	A2A2
Фьонікс	536673172	швіцька	A2A2
Харісон	666623864	швіцька	A2A2
Німрод	814720783	Оригінальна бура німецька (OBV)	A2A2
Джулекс	814660509	Оригінальна бура німецька (OBV)	A2A2
Урано	110027139002	Оригінальна бура німецька (OBV)	A2A2

За результатами молекулярно–генетичного аналізу проведено визначення частоти розподілу генотипів та алелей бугаїв бурих порід за геном бета–казеїну. Зокрема встановлено, що частота бажаного генотипу A2A2 серед досліджених тварин склала у лебединській породі – 0,20; швіцькій – 0,80; їхніх помісях – 0,14; оригінальній бурій німецькій – 1,00. Частка носіїв генотипу A1A1 – відповідно 0,20; 0; 0,29; 0. Частота носіїв гетерозиготного генотипу A1A2 склала відповідно –0,60; 0,20; 0,57; 0. Частота носіїв алелю A1 у досліджених тварин становить –0,50; 0,10; 0,80; 0; а бажаного A2 – відповідно 0,50; 0,90; 0,20; 1,00 (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Частота розподілу генотипів та алелей бугаїв бурих порід  
за геном бета–казеїну (2020 рік)**

Генотип / алель	Частота розподілу генотипів бета-казеїну та алелей в групі тварин			
	лебединська	швіцька	помісі леб* швіцька	оригінальна бура німецька (OBV)
A1A1	0,20	–	0,29	–
A2A2	0,20	0,80	0,14	1,00
A1A2	0,60	0,20	0,57	–
A1	0,50	0,10	0,80	–
A2	0,50	0,90	0,20	1,00

Отримані нами результати майже співпадають з даними отриманими Kaminski S., Figiel L. [128]. За їхніми результатами частота алелю A1 у бугаїв швіцької породи знаходиться в межах 0,09-0,15. Частота бажаного алелю A2 у бугаїв складає від 0,72 до 0,77.

Таким чином з метою збереження лебединської породи та подальшого формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном науково обґрунтованим є використання у підборі бугаї Зоркий 9902 лебединської породи, Готор 8011946865, Абель 593920645, Фьонікс 536673172, Харісон 666623864



швіцької породи, Фінал 1008 помісь вищеназваних порід, Німрод 814720783, Джулекс 814660509, Урано 110027139002 оригінальної бурої породи (OBV). При цьому у роботі з оригінальною бурою породою бажане використання схеми розробленої нами у попередніх наукових працях [157].

Наступним етапом наших досліджень став аналіз тварин базового маточного стада стосовно поліморфізму бета-казеїну.

Визначено, що бажані генотипи A2A2 за геном бета-казеїну у корів та телиць лебединської породи склали 63%, гетерозиготи A1A2 – 37%. Частота розподілу алелей у виборці становить відповідно A1– 0,184 та A2 – 0,816 (табл. 3.9).

*Таблиця 3.9*

**Частота розподілу генотипів та алелей за геном бета-казеїну корів та телиць лебединської породи (2020 рік)**

Кількість піддослідних тварин	Генотипи						Алелі	
	A1A1		A1A2		A2A2		A1	A2
	n	%	n	%	n	%		
49	–	–	18	37	31	63	0,184	0,816

Згідно результатів аналізу серед 49 оцінених маток, у 41 тварини батько оцінений за генотипом бета-казеїну. Відповідно до результатів наших досліджень, встановлено, що батьківська належність тварин визначає співвідношення між алельним варіантом бета-казеїну у молоці нащадків (табл. 3.10).

**Залежність генотипу корів і телиць лебединської породи від спадковості батька за геном бета-казеїну**

Кличка та номер бугая	Генотип бугая	Кількість оцінених	Генотипи дочок		
			A1A1	A1A2	A2A2
Голдмін 198015	A2A2	4	–	2	2
Протеже 68159838	A2A2	5	–	–	5
Готор 8011946865	A2A2	5	–	1	4
Харісон 666623864	A2A2	4	–	2	2
Альтасіді 198358	A1A2	5	–	1	4
Буш 68129315	A1A2	5	–	2	3
Сесдеблум 68144448	A1A2	2	–	1	1
Лестер 9695540	A2B	1	–	1	–

Відповідно у гомозиготних бугаїв A2A2 72 % дочок мали аналогічний генотип за бета-казеїном, а у гетерозиготних плідників A1A2 – 67% (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

**Співвідношення кількості бугаїв різних генотипів та їхніх дочок**

Кількість бугаїв/генотипи	Дочки						
	всього	A1A1		A1A2		A2A2	
		голів	%	голів	%	голів	%
4/A2A2	18	–	–	5	28	13	72
3/A1A2	12	–	–	4	33	8	67
1/ A2B	1	–	–	1	100	–	–

Виходячи із наявності дочок досліджених бугаїв, частоти розподілу генотипів за бета-казеїном та можливих комбінацій при схрещуванні тварин різних генотипів (табл. 3.12) можна зробити прогноз, що маточне поголів'я базового господарства представлене на 75% тваринами з генотипами A1A2 та A2A2 за бета-казеїном.

**Можливі комбінації при схрещуванні тварин різних генотипів за бета-казеїном**

Батько 2	Батько 1			Батько 2	Батько 1			Батько 2	Батько 1			Батько 2	Батько 1		
		A1	A2			A1	A2			A1	A2			A2	A2
	A1	A1A1	A1A2		A2	A1A2	A2A2		A1	A1A1	A1A2		A1	A1A2	A1A2
	A1	A1A1	A1A2		A2	A1A2	A2A2		A2	A1A2	A2A2		A1	A1A2	A1A2
	50% A1A1 50% A1A2				50% A1A2 50% A2A2				25% A1A1 50% A1A2 25% A2A2				100% A1A2		

Ідентифікація худоби молочного напрямку продуктивності за локусом гену бета-казеїну повинна проводитись для вирішення ряду селекційних питань і, перш за все, створення стад, тварини яких продукують молоко А2. Чисельність тварин з бажаним гомозиготним А2А2 і гетерозиготним А1А2 генотипами може бути збільшена шляхом підбору батьківських пар. Повна пенетрантність, тобто 100% частота і ймовірність фенотипового прояву гену може бути досягнута, якщо:

♂

♀

$A2A2 \times A2A2 = 100\%$  пенетрантність;

$A2A2 \times A1A2 = 50\text{--}70\%$  пенетрантність;

$A1A2 \times A2A2 = 50\text{--}70\%$  пенетрантність;

$A2A2 \times A1A1 = 50\text{--}70\%$  пенетрантність;

$A1A2 \times A1A2 = 25\text{--}50\%$  пенетрантність;

$A1A1 \times A1A2 = 25\text{--}50\%$  пенетрантність;

$A1A2 \times A1A1 = 25\text{--}50\%$  пенетрантність.

Індивідуальний підхід до питань підбору та добору, контроль за допомогою методів ДНК-діагностики за процесами передачі генів батьків нащадкам, дозволить за порівняно короткий проміжок часу поповнити стада тваринами носіями бажаного гену А2.

Для отримання молока з генотипом А2А2 за бета-казеїном, корови повинні мати такий же генотип. Оцінка генотипу тварин на сьогоднішній

день доступна і проводиться методом ПЛР у відповідних лабораторіях (наприклад в лабораторії Сумського національного аграрного університету).

Схрещування двох тварин, які обидва мають генотип A2A2 за бета-казеїном дає 100% потомство з A2A2, так як і у випадку з двома носіями A1A1: 100% їх потомків будуть мати генотип A1A1. Оскільки той чи інший варіант бета-казеїну залежить лише від генетики, то швидкого рішення не існує. Виведення популяції худоби, від якої отримують лише молоко A2, потребує часу. При активному підході можна було б допускати до відтворення тільки потомство від корів, визначених як A2A2 за результатами досліджень. Пасивний підхід має на увазі використання у процесі підбору лише бугаїв з генотипом A2A2 за бета-казеїном. За використання другого підходу частота бета-казеїну A1 в молоці скорочувалось би в два рази у кожному поколінні, тобто кожні 5 років [136].

Таким чином, на підставі схеми розподілу бажаних алелей A2 (табл. 13), для кожного стада необхідно розробляти власну схему підбору батьківських пар для досягнення бажаного гомозиготного поєднання алелей за геном бета-казеїну серед нащадків.

Нами запропонована методика створення популяції молочної худоби з бажаним генотипом за геном бета-казеїну, яка представлена схемою схрещування:

A1A1 (материнська особина) + A2A2 (батьківська особина). У першому поколінні, згідно генетичної схеми, будуть отримані 100% особини з гетерозиготних генотипом A1A2. У другому поколінні повинна застосовуватися вже наступна схема схрещування.

$A1A2 + A2A2 = 2 A1A2 (50\%) + 2 A2A2 (50\%)$ . Тобто, вже половина нащадків будуть володіти бажаним генотипів A2A2. Решта гетерозиготних нащадків з генотипом A1A2 також повинні використовуватись за схемою схрещування  $A1A2 + A2A2 = 2 A1A2 (50\%) + 2 A2A2 (50\%)$ .

Таким чином, уже в II поколінні буде спостерігатися значне домінування особин з бажаним генотипом A2A2 за геном бета-казеїну –

87,5% від загального поголів'я. У наступних поколіннях питома вага бажаних генотипів буде збільшуватися (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Методика створення популяції молочної худоби з бажаним  
генотипом за геном бета–казеїну**

Вихідні батьківські форми	Генотип потомства	Покоління
A1A1 + A2A2	4 A1A2 (100%)	I
A1A2 + A2A2	2 A1A2 (50%) + 2 A2A2 (50%)	II
A1A2 + A2A2	2 A1A2 (12,5%) + 2 A2A2 (87,5%)	III
A1A2 + A2A2	2 A1A2 (6,25%) + 2 A2A2 (93,75%)	IV
A1A2 + A2A2	2 A1A2 (3,125%) + 2 A2A2 (96,175%)	V

Зважаючи на той факт, що зміна поколінь у молочному скотарстві – це досить повільний процес, значно прискорити його можна шляхом використання на маточному поголів'ї сексованої сперми. При цьому з метою якомога швидшого формування популяцій з унікальними продуктивними властивостями за бета–казеїном, доцільно використовувати генетичний матеріал з генотипом A2A2 за бета–казеїном. Крім того альтернативним рішенням даного питання є використання у таких стадах методу трансплантації ембріонів.

Таким чином, генетична структура бугаїв лебединської породи (80% гетерозигот за геном бета-казеїну A2), які є в наявності, дозволяє формувати у наступних поколіннях гомозиготні за даною ознакою популяції. Залучення бугаїв оригінальної бурої німецької породи (OBV), до реципрокного схрещування 100% (A2A2) дає шанс прискорити нарощування поголів'я гомозиготних бугайців та теличок для розведення. Маточне поголів'я лебединської породи (62% гомозигот і 38% гетерозигот) дозволяє передбачити в наступному поколінні значне зростання гомозиготності за

бета–казеїном А2А2 особливо при використанні гомозиготних бугаїв. Запропонована нами селекційна модель (таблиця 3.12, 3.13) у поєднанні з використанням сексованої сперми та генотипуванням телиць, має найвище селекційне прискорення створення гомозиготної популяції за бета–казеїном А2А2. Враховуючи реальний стан ринку молока А2 у світі, можливо спрогнозувати високу мотивацію фермерів до розведення бурої худоби (в тому числі лебединської) виходячи з подвійної ціни на молоко, як сировину.

### **3.1.3. Зміна генетичної структури за генотипом бета-казеїну в стаді худоби лебединської породи за практичної реалізації методології створення мікропопуляцій на прикладі ПСП «Комишанське» Охтирського району**

Аналіз розподілу генотипів у стаді корів лебединської породи вказує на те, що більше половини (57%) становили бажані гомозиготні – А2А2 за бета–казеїном (табл. 3.14).

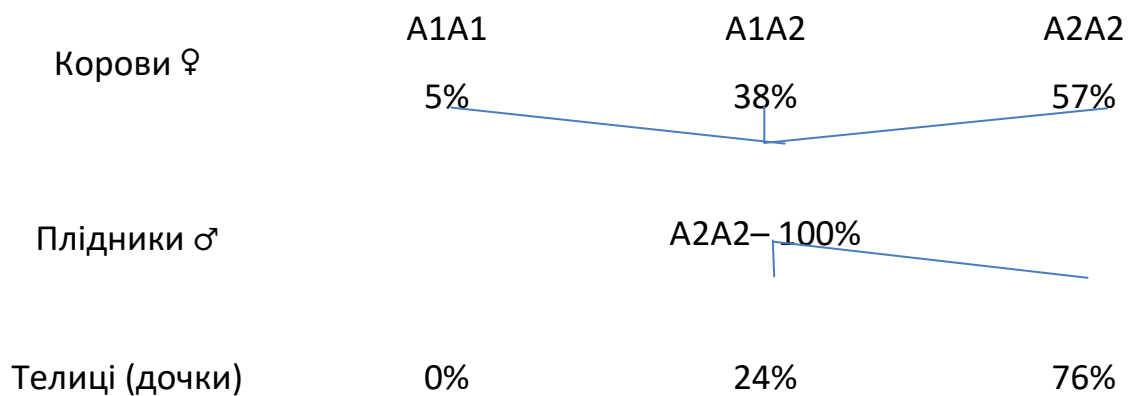
*Таблиця 3.14*

#### **Частота алелей та генотипів за локусом гена бета-казеїну (2021 рік)**

Генерація	Розподіл	Генотипи						Алель, од		$\chi^2$
		А1/А1		А1/А2		А2/А2		А1	А2	
		п	%	п	%	п	%			
Матері (корови)	Ф	1,0	5	8,0	38	12,0	57	0,238	0,762	0,0525
	О	1,2	6	7,6	36	12,2	58			
Дочки (телиці)	Ф	0,0	0	10,0	34	19,0	66	0,172	0,828	1,2586
	О	0,8	3	8,3	29	19,9	68			

Гетерозиготні генотипи мали частоту 38%, а гомозиготні A1A1 – лише 5%. Об'єктивно більшу частоту мав алель A2 (76,2%). Використання критерію  $\chi^2$  дозволило визначити ступінь відповідності фактичного розподілу генотипів з очікуваним значенням. Розрахунок за формулою Харді–Вайнберга показав відсутність суттєвої різниці між фактичними та очікуваними частотами генотипів.

За запропонованою нами методикою створення стад тварин з генотипом A2A2 (підрозділ 3.1.2), використання плідників з гомозиготним генотипом за бажаною ознакою дозволило б отримати в наступному поколінні тварин (дочок) з таким розподілом генотипів: A1A2 – 24%, A2A2 – 76% (рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Планова частота генотипів телиць**

Господарствам регіону була запропонована база даних плідників лебединської та швіцької порід оцінених за генотипом бета-казеїну як A2A2 (підрозділ 3.1.1), за використання яких можливо буде селекційним шляхом досягти бажаного результату.

В останні роки у піддослідному господарстві в галузі відтворення використовували вісім бугаїв, три з яких мають бажаний генотип A2A2, три – A1A2, а два – не були оцінені за даною ознакою (табл. 3.15).

**Генотипи бугаїв-батьків та їхніх дочок за бета-казеїном (2021 рік)**

Кличка та номер батька	Генотип батька	Кількість оцінених дочок	Генотип дочок		
			A1A1	A1A2	A2A2
Протеже 68159838	A2A2	5	–	–	5
Готор 8011946865	A2A2	5	–	1	4
Харісон 666623864	A2A2	4	–	2	2
Буш 68129315	A1A2	5	–	2	3
Сесдеблум 68144448	A1A2	2	–	1	1
Лестер 9695540	A2B	1	–	1	–
Міленіум	–	4	–	3	1
Пеппі 68109123	–	5	–	2	3

У результаті використання таких плідників, у телиць-дочок (друга генерація) частота генотипу A1A1 дорівнювала 0%, A1A2 – 34% (що вище передбачуваного на 10%), A2A2 – 66% (що нижче запланованого на 10%). Статистично значущої різниці між дочками та матерями за даною ознакою не встановлено. Частота алелей становила A1 – 0,172 та A2 – 0,828, що не відповідала передбачуваним (на 0,052). Відповідно до розрахунку за формулою Харді Вайнберга у телиць виявлено недостачу гомозигот та перебільшення гетерозигот (табл. 3.14).

Використовуючи генетико–статистичні методи аналізу, шляхом визначення цифрових значень таких генетичних констант як ступінь гомозиготності ( $C_a$ ), рівень поліморфності ( $N_a$ ) ми намагалися оцінити перспективність роботи зі створення стад худоби лебединської породи з генотипом A2A2 за бета–казеїном. Зокрема встановлено, що ступінь гомозиготності у досліджуваній популяції великої рогатої худоби зростає від 67,3 у матерів до 71,4 у дочок, що може свідчити про зростання рівня консолідації. Рівень поліморфності (число ефективно діючих алелей – $N_a$ ) у



локусі бета-казеїну тварин лебединської породи зменшується від 1,56 до 1,39, що є логічним при зменшенні частоти алеля A1 та зростанні частоти алеля A2. Тест гетерозиготності (ТГ) у обох генераціях був позитивним, що свідчить про достатню частку гетерозигот в порівнянні з теоретично розрахованою (табл. 3.16).

Коефіцієнт ексцесу (D) підтверджує це твердження. У цілому можна констатувати, що дані генетико-статистичного аналізу свідчать про збільшення у бета-казеїновому локусі гетерозиготних генотипів A1A2 та нестачі гомозиготних. Це підтверджують дані наведені в таблиці 3.17.

Таким чином, згідно даних генетичних досліджень встановлено, що у стаді лебединської породи коровам притаманна частота гомозиготного генотипу A2A2 за бета-казеїном на рівні 57%, частота гомозиготного генотипу A1A1 складала 5%.

Таблиця 3.16

**Генетична структура стада худоби лебединської породи за локусом бета-казеїну (2021 рік)**

Показники	Матері (корови)		Дочки (телиці)	
	фактичні	теоретичні	фактичні	теоретичні
Гетерозиготи	8	7,6	10	8,6
Гомозиготи	13	13,4	19	20,7
Коефіцієнт гетеро/гомозиготи	0,615	0,567	0,526	0,401
Тест гетерозиготності	0,046	–	0,127	–
Ступінь гомозиготності, Ca, %	67,3	–	71,4	–
Рівень поліморфності, Na	1,56	–	1,39	–
Коефіцієнт ексцесу D	0,05	–	0,208	–
Частка гомозигот, %	61,9	–	65,5	–

**Значення основних показників мінливості за геном бета-казеїну  
у стаді худоби лебединської породи (2021 рік)**

Генерація	$H_o$	$H_e$	$F_{is}$
Матері	0,381	0,363	-0,050
Дочки	0,345	0,285	-0,208

Розроблена схема дозволяла у наступному поколінні збільшити частку худоби бажаного генотипу на 19%, але в зв'язку з недотриманням останньої було досягнуто збільшення лише на 9%.

У перспективі пропонуємо проводити генотипування всього маточного поголів'я стада (корів та телиць), використовувати для відтворення лише плідників швіцької та лебединської породи оцінених за генотипом бета-казеїну (гомозигот А2А2). Для прискорення створення стада тварин з генотипами А2А2 за бета-казеїном пропонуємо використовувати сексовану сперму бугаїв-плідників бажаного генотипу.

**3.1.4 Молочна продуктивність худоби української бурої молочної породи залежно від генотипу за бета-казеїном**

Основним питанням щодо перспектив використання поліморфізму гену бета-казеїну є вплив його на рівень молочної продуктивності корів. Проведені нами у 2020 році дослідження свідчать, що тварини з бажаним генотипом А2А2 не поступаються за величиною надою худобі з гетерозиготним генотипом А1А2 та гомозиготним – А1А1 (табл. 3.18).

**Молочна продуктивність корів за першу лактацію залежно від генотипу  
за бета–казеїном (2020 рік)**

Генотипи	n	Надій, кг	Вміст в молоці, %		Вміст в молоці, кг	
			жиру	білка	молочного жиру	молочного білка
A1A1	4	5107±412,3	4,15±0,171	3,25±0,02	217±13,1	171±17,6
A1A2	16	4889±304,9	3,92±0,125	3,15±0,036*	193±16,4	153±11,1
A2A2	15	5233±290,1	3,61±0,126*	3,09±0,082	189±16,4	161±13,0

Примітка: P – рівень значущості до найвищого значення: \* – P<0,05;

Хоча слід відмітити, що за величиною надою достовірної різниці між коровами різних генотипів не встановлено. При цьому за вмістом жиру в молоці гомозиготні тварини A1A1 переважали особин з генотипом A2A2 (P<0,05), а за вмістом білка – худобу з генотипом A1A2 (P<0,05).

Достовірної різниці за показниками молочної продуктивності згідно результатів третьої лактації не встановлено. Також відмічаємо, що тварини бажаного генотипу A2A2 не поступалися за величиною надою та кількістю молочного білка худобі інших генотипів (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

**Молочна продуктивність корів за третю лактацію залежно від генотипу  
за бета-казеїном (2020 рік)**

Генотипи	n	Надій, кг	Вміст в молоці, %		Кількість, кг	
			жиру	білка	молочного жиру	молочного білка
A1A1	1	5110	4,06	3,21	212	164
A1A2	7	6049±637,2	4,03±0,143	3,16±0,034	241±23,9	191±25,1
A2A2	8	6483±477,5	3,83±0,235	3,18±0,079	212±42,9	197±15,9

За показниками кращої лактації встановлена достовірна різниця за

величиною надою між тваринами з генотипом А2А2 та А1А1 (на 35% та А1А2 (на 12%). За вмістом жиру та білка в молоці достовірної різниці не встановлено. Хоча за вмістом жиру в молоці корови з генотипом А2А2 поступалися тваринам з іншими досліджуваними генотипами, а за вмістом білка в молоці переважали їх (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

**Молочна продуктивність корів за кращу лактацію залежно від генотипу за бета-казеїном (2020 рік)**

Генотипи	n	Надій, кг	Вміст в молоці, %		Кількість, кг	
			жиру	білка	молочного жиру	молочного білка
А1А1	4	5119±412,1*	4,15±0,171	3,25±0,023	217±13,1*	171±17,6*
А1А2	16	6198±288,3*	4,10±0,118	3,18±0,061	264±9,3*	210±12,6
А2А2	15	6945±215,1	4,02±0,096	3,26±0,030	285±15,5	229±9,2

Примітка: Р – рівень значущості до найвищого значення: \* –  $P < 0,05$ ;

За кількістю молочного жиру та білка перевагу мали тварини з гомозиготним генотипом А2А2 за бета-казеїном, які достовірно переважали тварин з генотипом А1А1.

Отримані результати співпадають з раніше проведеними нами дослідженнями, де ми стверджували, що використання бугаїв–плідників з генотипом А2А2 за бета–казеїном має покращувати господарсько–корисні ознаки нащадків, порівняно з бугаями інших генотипів (А2А1 та А1А1) [125]. Це сприятиме не лише отриманню тварин з бажаним генотипом, а й підтриманню бажаного рівня молочної продуктивності, якості молока, відтворювальної здатності та тривалості господарського використання корів.

Таким чином, у результаті проведеної роботи проаналізовані показники молочної продуктивності корів української бурої молочної породи у залежності від генотипу за бета-азеїном. Показники молочної продуктивності худоби за всі досліджувані лактації вказують на те, що тварини з генотипом

A2A2 не поступаються за величиною надою, кількістю молочного жиру та білка тваринам інших генотипів. За показниками кращої лактації гомозиготні корови з генотипом A2A2 переважали тварин інших генотипів за величиною надою, кількістю молочного жиру і білка [43].

### **3.1.5. Формування господарсько-корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних генотипів за геном бета-казеїну**

У подальших дослідженнях 2021 року нами проаналізовано вплив генотипу за бета-казеїном на динаміку живої маси телиць до 18-ти місячного віку. Встановлено, що достовірно значущого впливу даного фактора на показники живої маси в усі досліджувані періоди не виявлено. До 12-ти місячного віку перевагу за живою масою мали тварини з гетерозиготним генотипом A1A2. Тварини з гомозиготним генотипом A2A2 відповідали середнім показникам стада. Телиці з генотипом A1A1 дещо поступалися цим показникам. В 15-ти місячному віці тварини з генотипами A1A1 та A2A2 мали майже однакові середні значення живої маси та незначно переважали середні значення по стаду. У 18-ти місячному віці тварини з генотипами A1A2 та A2A2 мали середню живу масу на рівні середніх значень по стаду. При цьому телиці з генотипом A1A1 за середньою масою поступалися їм на 4 кг. При цьому середні показники живої маси до 12-місячного віку дещо поступалися стандарту породи, а починаючи з 15-ти місячного віку майже повністю відповідали йому (табл. 3.21).

Тобто генотип тварин не впливав на ріст телиць. Це свідчить про те, що при створенні стад тварин з бажаним генотипом A2A2 показники росту ремонтних телиць не буде погіршуватись.

**Жива маса телиць різних генотипів за бета–казеїном (2021 рік)**

Генотип	n	Жива маса у віці, кг				
		6 міс.	9 міс.	12 міс	15 міс.	18 міс.
A1A1	3	129±26,0	173±27,5	246±33,5	334±56,5	376±67,5
A1A2	18	143±5,8	206±9,2	274±9,9	333±12,2	380±14,1
A2A2	21	137±6,1	204±7,7	269±8,9	329±9,9	380±9,6
У середньому по стаду	42	139±4,1	204±5,8	270±6,4	331±7,6	380±8,2

Відтворювальна здатність є однією з фундаментальних основ молочного скотарства. Нами досліджено показники відтворювальної здатності у телиць та корів–первісток різних генотипів за бета–казеїном. Найменшим віком першого осіменіння характеризувалися тварини з генотипом A1A2, а найбільшим – з генотипом A1A1. Тварини з бажаним генотипом A2A2 мали середній вік першого осіменіння, що відповідав середнім значенням по стаду. При цьому жива маса цих тварин була найменшою і нижчою ніж середні показники стада. Тенденції середніх показників віку першого отелення співпадали з показниками віку першого осіменіння. Тривалість сервіс–періоду в середньому по стаду складала більше 120 днів. Відповідно тривалість міжотельного періоду та значення коефіцієнту відтворювальної здатності найменшими були у гетерозиготних тварин. При цьому статистично значуща різниця відсутня (табл. 3.22).

Рівень надоїв за першу лактацію перевищував стандарт породи на 1948 кг. При цьому середній вміст жиру відповідав стандарту породи, а вміст білка був нижчим на 0,15%. Більшим надоєм та вмістом жиру і білка характеризувалися гомозиготні A1A1 первістки. При цьому відмічаємо відсутність статистично значущої різниці (табл. 3.23).

Таблиця 3.22

**Показники відтворювальної здатності худоби різних генотипів за  
бета–казеїном (2021 рік)**

Показники	Генотип			
	A1A1	A1A2	A2A2	У середньому
Кількість голів	3	18	21	42
Вік першого осіменіння, днів	644±63,4	573±25,6	583±33,2	583±20,1
Жива маса при першому осіменінні, кг	384±17,1	374±7,1	366±5,8	371±4,36
Вік першого отелення, днів	935±64,7	856±24,6	866±32,5	867±19,7
Тривалість сервіс– періоду (I лактація), днів	123±24,8	108±11,6	150±17,7	131±19,7
Тривалість міжотельного періоду (I–II лактація), днів	413±26,8	394±11,3	435±17,9	417±10,9
Індекс відтворювальної здатності	1,13±0,073	1,08±0,031	1,19±0,049	1,14±0,090

Таблиця 3.23

**Молочна продуктивність первісток в залежності від генотипу за бета–  
казеїном (2021 рік)**

Генотип	n	Показники				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
A1A1	3	5440±421,3	4,03±0,195	227±13,4	3,24±0,025	184±21,1
A1A2	18	5019±254,8	3,97±0,129	203±16,3	3,16±0,038	159±11,2
A2A2	21	5217±219,3	3,63±0,136	195±16,9	3,12±0,082	167±13,1
У середньому по стаду	42	5148±155,8	3,83±0,092	201±10,7	3,15±0,039	164±7,9

За третю лактацію середній надій по стаду перевищував стандарт породи на 1949 кг. За надоем перевагу мали гомозиготні корови А2А2, за вмістом жиру та білка – тварини з генотипом А1А1. При цьому статистично значуща різниця відсутня (табл. 3.24).

Таблиця 3.24

**Молочна продуктивність корів за III лактацію в залежності від генотипу за бета-казеїном (2021 рік)**

Генотип	n	Показники				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
А1А1	2	4983±15,5	3,99±0,010	198,2±12,5	3,30±0,030	164±20,2
А1А2	8	5678±635,8	3,75±0,120	213±41,3	3,19±0,102	171±40,8
А2А2	15	6555±244,7	3,93±0,217	247±21,9	3,21±0,094	200±12,4
У середньому по стаду	25	6149±265,2	3,97±0,145	235±17,7	3,21±0,066	185±12,7

За кращою лактацією тварини з генотипом А2А2 переважали інших за надоем, при цьому у порівнянні з тваринами генотипу А1А1 різниця була статистично достовірною ( $P < 0,05$ ). За вмістом жиру перевагу мали гетерозиготні тварини, а вмістом білка – гомозиготні А2А2 (табл. 3.25).

Отже можна стверджувати, що при формуванні стад корів з генотипом А2А2 за бета-казеїном рівень молочної продуктивності худоби української бурої молочної породи не погіршиться.



**Молочна продуктивність корів за кращу лактацію в залежності від  
генотипу за бета–казеїном (2021 рік)**

Генотип	n	Показники				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
A1A1	3	5983±770,1	4,03±0,025	282±10,1	3,17±0,010	221±15,1
A1A2	18	6051±254,1	4,19±0,094	279±12,6	3,21±0,035	216±13,8
A2A2	21	6968±206,5	4,07±0,123	284±13,0	3,27±0,027	228±9,0
У середньому по стаду	42	6505±17,8	4,11±0,077	282±8,5	3,24±0,021	223±7,3

Таким чином згідно проведеного дослідження встановлено, що тварини української бурої молочної породи майже за всіма показниками молочної продуктивності відповідали стандарту породи. Між тваринами різних генотипів встановлена різниця за окремими господарсько–корисними ознаками. Слід зазначити, що в різні періоди та залежно від оцінюваної ознаки вона сильно варіювала, але була статистично незначущою. За кращою лактацією встановлена статистично значуща різниця між двома гомозиготними генотипами на користь худоби генотипу A2A2.

Можна констатувати, що формування стад з генотипом A2A2 за бета–казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько–корисні ознаки тварин і таким чином забезпечить збереження бажаних показників продуктивності худоби під час створення стад з унікальними продуктивними властивостями.

### 3.1.6. Ідентифікація поліморфізму гена CSN2, який кодує бета-казеїн, в українській черно-рябій молочній породі великої рогатої худоби

У результаті вивчення особливостей генеалогії молочних стад встановлено, що в дослідному господарстві Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України більшість бугаїв, які використовувалися протягом останнього періоду, були німецької селекції і лише незначна частина походила з країн Північної Америки (рис. 3.4).

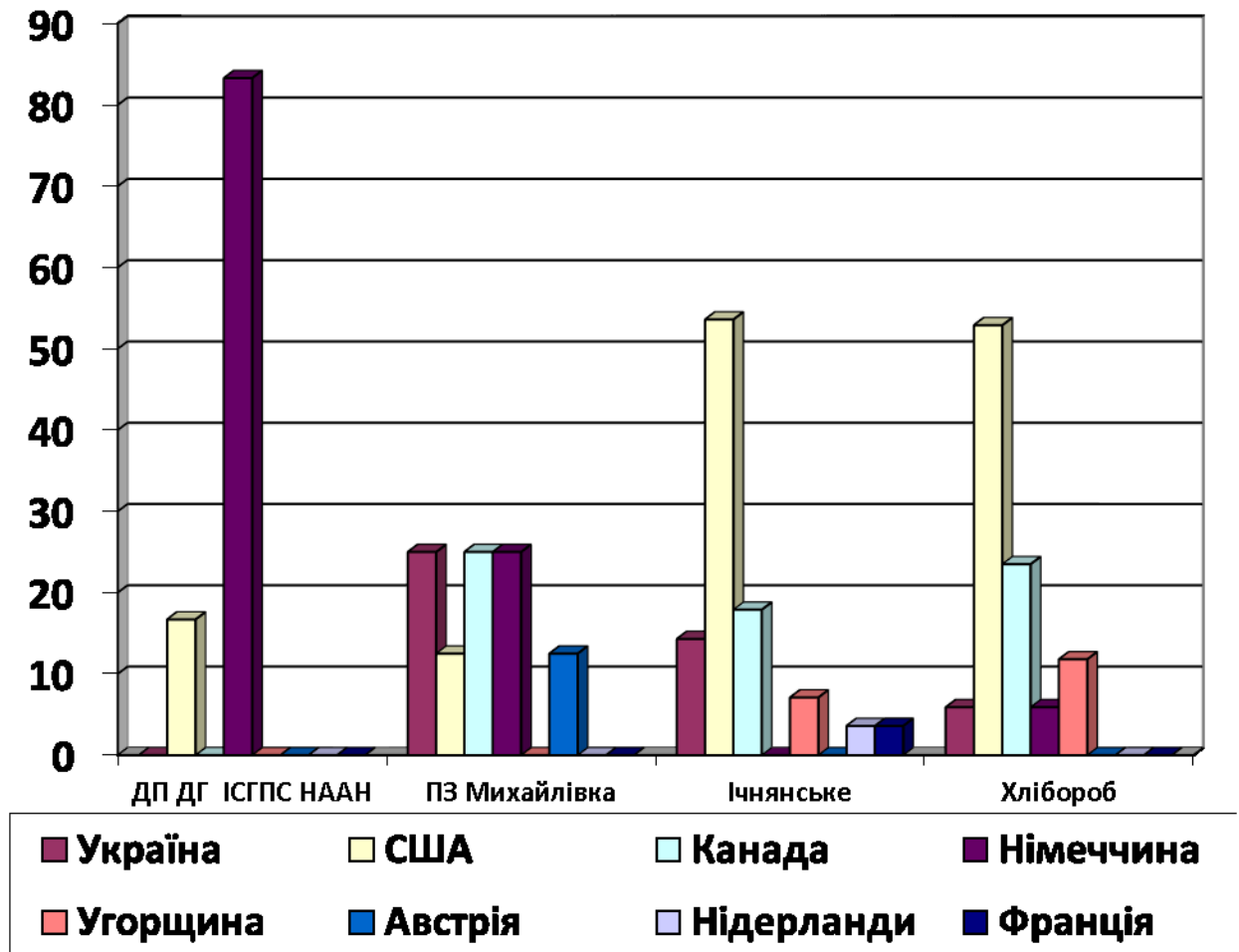


Рис. 3.4. Розподіл бугаїв-батьків за країною походження, %

Бугаї, що використовувалися в ТДВ «Племзавод «Михайлівка», у більшості походили з України, Канади та Німеччини. Деяка менша їх частина були селекцій США та Австрії. У господарствах «Ічнянське» та «Хлібороб»

переважна частина плідників були північноамериканської селекції (США та Канади). Значно менша частина бугаїв походила з України, Німеччини, Угорщини, Нідерландів та Франції.

Ці умови позначилися на частоті генотипів за бета-казеїном сучасного маточного поголів'я української чорно-рябої молочної породи. Встановлено, що найбільша частота генотипу A2A2, яка перевищувала 50%, притаманна тваринам племзаводу «Михайлівка». Майже однаковим рівнем частоти бажаного генотипу характеризувалися стада худоби ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу, ПОСП «Ічнянське» та «Хлібороб» – 33-39%. Частота гетерозиготних генотипів на рівні понад 50% була зафіксована у стаді ПОСП «Ічнянське». Найменша частота гетерозигот була характерна для племзаводу «Михайлівка». Маточне поголів'я худоби ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу та ПОСП «Хлібороб» мали майже однакове значення частоти гетерозиготних генотипів – 42-43%. Частота гомозиготних генотипів A1A1 знаходилась в межах 14-23% і була найнижчою в господарствах ПОСП «Ічнянське» та ПОСП «Хлібороб» (табл. 3.26).

Частота алеля A2 була найвищою у тварин ТДВ «Племзавод «Михайлівка», а найменшою – у худоби дослідного господарства Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН. При цьому відмічаємо, що частота бажаного алеля A2 була вищою в порівнянні з літературними даними, які були наведені вище. На нашу думку це пов'язано з вихідними породами, які були використані в господарствах у якості маточних – лебединська, симентальська, чорно-ряба європейської селекції.

Використання критерію  $\chi^2$  дозволило визначити ступінь відповідності фактичного розподілу генотипів очікуваним значенням. Встановлено, що фактичний розподіл кількості різних фенотипів відповідає теоретично очікуваному з високим ступенем достовірності ( $P < 0,01$ ) у трьох господарствах – дослідному господарстві Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН, ПОСП «Ічнянське» та ПОСП «Хлібороб».

Молочне стадо племзаводу Михайлівка за даною ознакою не відповідало теоретично очікуваному розподілу.

Таблиця 3.26

**Частота алелей та генотипів за локусом гена бета–казеїну у корів української чорно–рябої молочної породи**

Розподіл*	Генотипи						Алель, од		$\chi^2$
	A1A1		A1A2		A2A2		A1	A2	
	n	%	n	%	n	%			
ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН									
Ф	23	23	42	42	35	35	0,440	0,560	2,182
О	19,4	19	49,3	49	31,3	31			
ТДВ «Племзавод «Михайлівка»									
Ф	13	20	17	27	34	53	0,336	0,664	10,479
О	7	11	29	45	28	44			
ПОСП «Ічнянське»									
Ф	28	13	111	54	67	33	0,405	0,595	2,855
О	33,8	17	99,3	48	72,9	35			
ПОСП «Хлібороб»									
Ф	36	17	89	43	81	39	0,391	0,609	1,767
О	31,5	15	98,0	48	76,5	37			

Примітка: а – різниця між частотами генотипів у стаді ТДВ «Михайлівка» та худоби інших стад; б– різниця між частотами генотипів у стадах ПОСП «Ічнянське» та стадах інших господарств;

P – рівень значущості згідно за критерієм Фішера: \* – P<0,05; \*\* – P<0,01; \*\*\* – P <0,001

Використовуючи генетико-статистичні методи аналізу шляхом визначення цифрових значень таких генетичних констант як ступінь гомозиготності (Ca), рівень поліморфності (Na), ми намагалися оцінити перспективність роботи з підвищення частоти бажаного генотипу A2A2 у стадах. Ступінь гомозиготності, яка свідчить про консолідацію генів, була порівняно однаковою в усіх досліджуваних стадах і знаходилась в межах 50,7–55,4. Вищою вона була в племзаводі «Михайлівка», а найменшою – у дослідному господарстві Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН. Рівень поліморфності (число ефективного діючих алелей – Na) навпаки був вищим у дослідному господарстві Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН, а найменшим у племзаводі

«Михайлівка». Тест гетерозиготності (ТГ), який відображає відхилення частот гетерозиготних генотипів від теоретично очікуваної частки гетерозигот відповідно закону Харді-Вайнберга, у досліджуваних стадах був негативним, що свідчить про меншу частку фактичних гетерозигот відносно частки теоретичних гетерозигот. Виключення становило стадо господарства ПОСП «Ічнянське». Стосовно коефіцієнту ексцесу (D), який характеризує співвідношення фактичної гетерозиготності до теоретичної, то відмічаємо відхилення дійсної гетерозиготності від очікуваної з лівостороннім ексцесом, що також свідчить про дефіцит гетерозигот у стадах (табл. 3.27), окрім господарства ПОСП «Ічнянське».

Таблиця 3.27

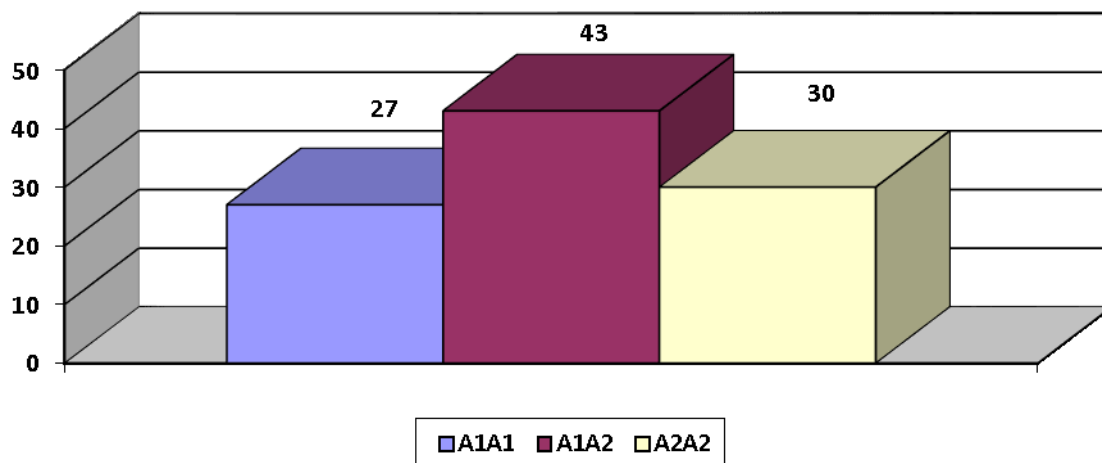
**Генетична мінливість корів української чорно-рябої молочної породи  
сільськогосподарських підприємств північно-східного регіону України у  
межах генотипів за локусом бета-казеїну**

Показники	ДП ДГ ІСПС НААН		ТДВ «Племзавод Михайлівка»		ПОСП «Ічнянське»		ПОСП «Хлібороб»	
	показники		показники		показники		показники	
	ф	о	ф	о	ф	о	ф	о
Гетерозиготи, голів	42	49,3	17	29	111	99,3	89	98
Гомозиготи, голів	58	50,8	47	35	95	106,7	117	108
Коефіцієнт гетеро/гомозиготи	0,72	0,97	0,36	0,83	1,16	0,93	0,76	0,90
Тест гетерозиготності	-0,247	-	-0,444	-	0,238	-	-0,148	-
Ступінь гомозиготності, Са, %	50,7	-	55,4	-	51,8	-	52,4	-
Рівень поліморфності, Na	1,97	-	1,80	-	1,93	-	1,91	-
Коефіцієнт ексцесу D	-0,147	-	-0,41	-	0,167	-	-0,092	-
Частка гомозигот, %	58	-	73	-	46	-	56,8	-

При цьому необхідно враховувати той факт, що більшість оцінених за генотипом бета-казеїну допущених до відтворення в Україні плідників голштинської породи є гетерозиготними, і лише одна третина має бажаний генотип A2A2 (п. 3.1.1).

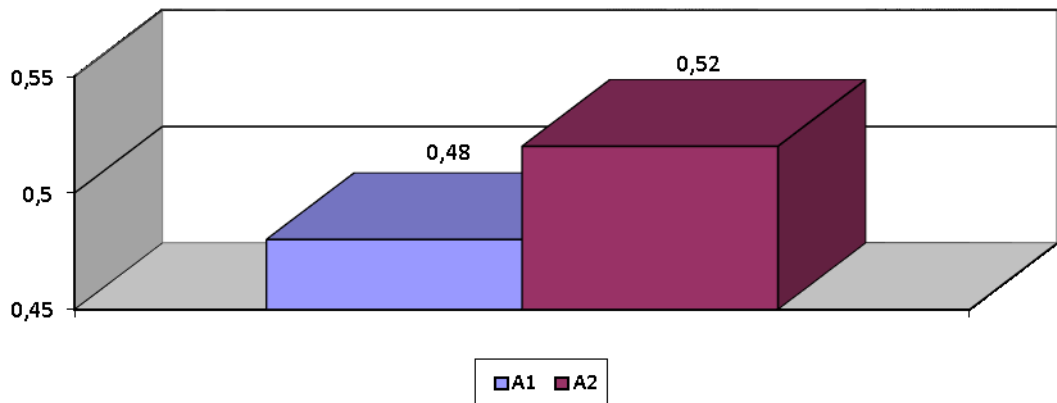
Серед оцінених плідників української чорно-рябої молочної породи 30% мають бажаний генотип A2A2 і тому можуть бути використані для відновлення поголів'я української чорно-рябої молочної породи з метою створення стад з генотипом A2A2. Більшість – 43% становлять гетерозиготні генотипи, які при плановому їхньому використанні також можуть бути задіяні при створенні стад з бажаним генотипом, хоча ефективність їхнього використання буде меншою.

Майже третина плідників мають гомозиготний генотип A1A1 і в роботі зі створення стад худоби з унікальними продуктивними властивостями не можуть бути використані (рис. 3.5). Проте з метою збереження української чорно-рябої молочної породи вони можуть широко застосовуватися в господарствах.



*Рис. 3.5. Наочне зображення частоти генотипів за бета-казеїном у плідників української чорно-рябої молочної породи (30 плідників)*

Майже однакові частоти гомозиготних генотипів визначили незначну різницю частот алелей гену бета-казеїну (рис. 3.6).



*Рис. 3.6. Наочне зображення частоти алелей за бета-казеїном у плідників української чорно-рябої молочної породи (30 плідників)*

Таким чином у результаті досліджень встановлено, що сучасна популяція української чорно-рябої молочної породи формувалася шляхом використання переважно плідників голштинської породи. При цьому домінували головним чином плідники американської та німецької селекції. Разом з цим вихідні місцеві породи визначала сучасний стан поліморфізму гену бета-казеїну в досліджуваних популяціях.

Наявна генетична структура плідників голштинської та української чорно-рябої молочної породи за широкого їхнього використання у процесі відтворення дозволяє формувати у наступних поколіннях гомозиготні за бажаними ознаками популяції.

Племінне поголів'я української чорно-рябої молочної породи (33–53% гомозигот  $A_2A_2$  і 27–54 % гетерозигот  $A_1A_2$ ) гарантує значне збільшення частоти особин з генотипом  $A_2A_2$  за бета-казеїном у наступних поколіннях, особливо за умови використання гомозиготних плідників  $A_2A_2$  за бета-казеїном.

### **3.1.7. Особливості формування унікальної мікропопуляції в стаді тварин сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи**

Особливістю стада Дослідного господарства Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН є той факт, що материнською основою даної популяції слугували тварини лебединської породи. Історичними етапами у розвитку цієї унікальної популяції були: 1960 – 1970 роки – створення племінного стада худоби лебединської породи; середина 80-х років ХХ століття – початок процесу голштинізації поголів'я, який фактично продовжується до цього часу та прилиття крові чорно-рябих прід інших популяцій шляхом завозу телиць з інших регіонів країни. Всі ці процеси мали суттєвий вплив на генеалогічну структуру стада, яка включала у себе значну кількість ліній голландського і голштинського походження.

Таким чином у господарстві сформувалось дві популяції чорно-рябої худоби:

–перша – тварини у майбутньому затвердженого так званого Сумського типу української чорно-рябої молочної породи, що мали походження від лебединів;

–друга – українська чорно-ряба молочна порода, створена на базі завезеного поголів'я чорно-рябого кореню різної селекційної належності.

У період з 1991 до 2000 року генеалогічна структура маточного поголів'я формувалась у тварин різного походження неоднаково. Тварини української чорно-рябої молочної породи походили від бугаїв 8 ліній, тоді як корови сумського внутрішньопородного типу належали до 13 ліній (табл. 3.28).



Таблиця 3.28

**Генеалогічна структура української чорно-рябої молочної породи  
(народження до 2000 року)**

Роки	Лінія	Українська чорно-ряба молочна порода		Сумський внутрішньо породний тип			
		%	Частка чистопородних голштинських бугаїв (батьків), %	%	Частка чистопородних голштинських бугаїв (батьків), %		
Вихідні тварини	Аннас Адема 30587	39	1,0	бугаї лебединської породи			
	М.Чіфтейна 95679	2	1,0				
	Р. Соверінга 1989986		1,0				
	Сюпріма 288659	9	1,0				
	Ніко 31652	7	1,0				
	Хільтеса Адема 37910	4	1,0				
	Лінія не визначена	8	1,0				
1976 – 1980	Аннас Адема 30587	3	1,0	бугаї лебединської породи			
	Труверса	16	1,0				
	С.Т. Рокіта 252803	16	1,0				
	Айдіала 1013415	9	1,0				
1981 – 1990	Лінія не визначена	16	1,0	бугаї лебединської породи			
	Айдіала 1013415	46	0,7			–	–
	С.Т. Рокіта 252803	18	1,0			18	1,0
	Соверінга 1989986	12	1,0			–	–
	М.Чіфтейна 95679	8	0,7			27	0,5
	Сітейшна 267150.60	2	1,0			2	1,0
	Труверса	1	1,0			–	–
	Астронавта 1458744	1	1,0			14	1,0
	Елевейшна 1491007	1	1,0			22	1,0
	Монтфретча 91779	–	1,0			8	1,0
1991 – 2000	Чіфа 1727381	–	1,0	1	1,0		
	Лінія не визначена	11	1,0	8	1,0		
	Айдіала 1013415	39	0,5	–	–		
	Соверінга 1989986	25	0,6	2	0,7		
	М.Чіфтейна 95679	18	0,8	1	0,8		
	Елевейшна 1491007	5	1,0	32	1,0		
	Конейшна 629472	5	0,6	5	0,6		
	С.Т. Рокіта 252803	4	0,7	5	0,7		
	Віконсіна 697789	3	0,1	–	–		
	Валіанта 1650414	1	0,7	3	0,6		
	2000 Айвенго 1189870	–	–	9	0,7		
	Ельруса 897	–	–	3	0,7		
	Кавалера 1620273	–	–	1	0,8		
	Кутласа 34009	–	–	4	0,6		
Сюпріма Ред 33470	–	–	3	0,5			
Хановер 1629391	–	–	4	0,5			
Чіфа 1727381	–	–	12	1,0			

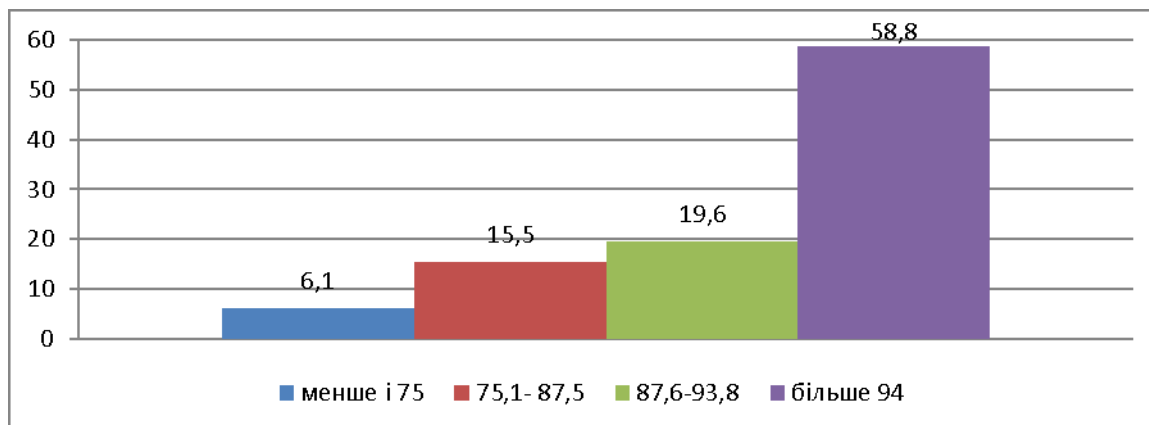
Починаючи з 2001 року напрямки формування генеалогічної структури чорно-рябих стад худоби у регіоні стали однаковими і передбачали використання у галузі відтворення чистопородних бугаїв голштинської породи. Тварини належали в основному до трьох ліній: Чіфа 1427381, Елевейшна 1491007 та Старбака 352790 (табл. 3.29).

Таблиця 3.29.

**Генеалогічна структура маточного поголів'я української чорно-рябої молочної породи (народилися в період з 2001 по 2019 рік)**

Роки народження	Лінія	Українська чорно-ряба молочна порода		Сумський внутрішньо-породний тип	
		%	частка чистопородних голштинських бугаїв (батьків)	%	частка чистопородних голштинських бугаїв (батьків)
2001 – 2019	Чіфа 1727381	38,4	0,92	25,5	0,91
	Елевейшна 1491007	11,9	1,00	14,2	1,00
	Сітейшна 267150	11,3	1,00	12,6	1,00
	Валіанта 1650414	11,0	0,29	6,6	0,10
	Белла 1667366	7,1	1,00	8,7	1,00
	М. Чіфтейн 95679	6,5	0,00	10,9	0,00
	Старбака 352790	5,8	1,00	13,6	1,00
	Метта 1392858	5,2	1,00	4,6	1,00
	Соверінга 1989986	1,9	1,00	2,3	1,00
	Кавалера 1620273	0,3	1,00	1,0	1,00
	Сюпріма Ред 33470	0,6	1,00	–	–
2011 – 2018	Чіфа 1727381	35,5	1,00	31,2	1,00
	Старбака 352790	31,9	1,00	33,0	1,00
	Елевейшна 1491007	22,5	0,00	6,4	1,00
	Дж. Бесна 5694028588	7,8	1,00	9,0	1,00
	Белла 1667366	2,0	1,00	0,4	1,00
	Валіанта 1650414	0,3	1,00	–	–

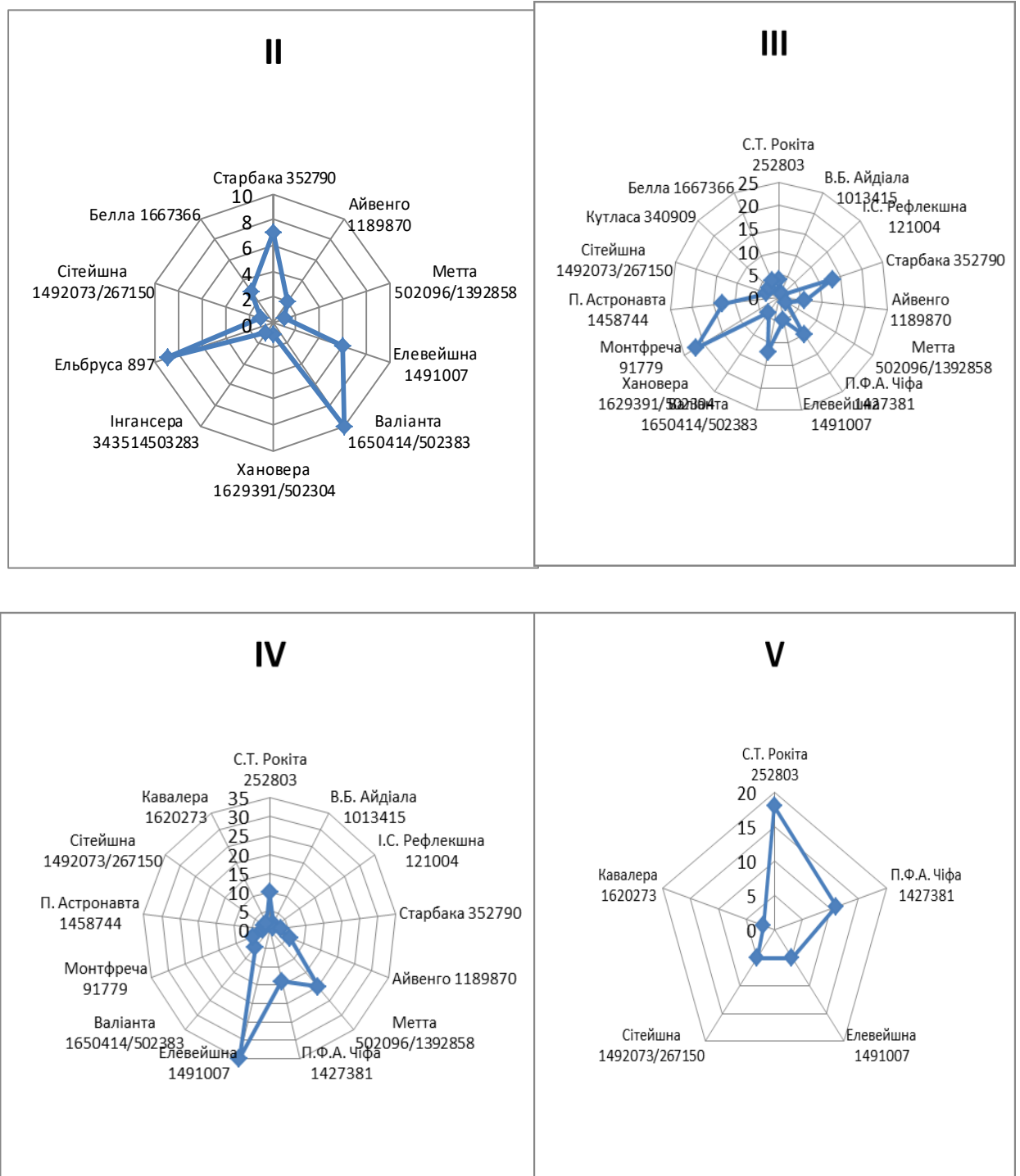
Через тотальне використання плідників голштинської породи на маточному поголів'ї на період 2020 року майже 60% первісток української чорно-рябої молочної породи мали умовну кровність за голштинською породою більше 94 % (рис. 3.7).



*Рис. 3.7. Умовна кривність корів–первісток (рік лактування 2020)*

Генеалогічна структура бугаїв–плідників, які використовувалися при створенні сумського внутрішньопородного типу української чорно–рябої молочної породи формувалась під впливом інтенсивного використання плідників голштинської породи упродовж останніх 30 років, тому назви ліній у тотожні голштинським. Згідно з результатами досліджень бугаї, які використовувалися на поголів'ї тварин сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи належали до двадцяти одного генеалогічного формування (рис. 3.8). Основна кількість тварин знаходилась у II–III рядах до родоначальника, що також вказує на можливість консолідації бажаних господарсько-корисних ознак нащадків при вдалому доборі батьків. Найбільш чисельним виявилось поголів'я плідників шести ліній – С.Т. Рокіта 252803, Чіфа 1427381, та Елевейшна 1491007.

Значна кількість бугаїв голштинської породи лінії Валіанта 1650414 (44%) знаходяться у II ряду до родоначальника, лінії Ельбруса 897 – 100%, лінії Старбака 352790 – 30%, Елевейшна 1491007 – 12%. Бугаї лінії Старбака 352790 (57%), Чіфа 1427381 (25%), Валіанта 1650414 (43%), Монтфретча 91779 (82%), Астронавта 1458744 (87%) знаходяться у III ряду до родоначальника.

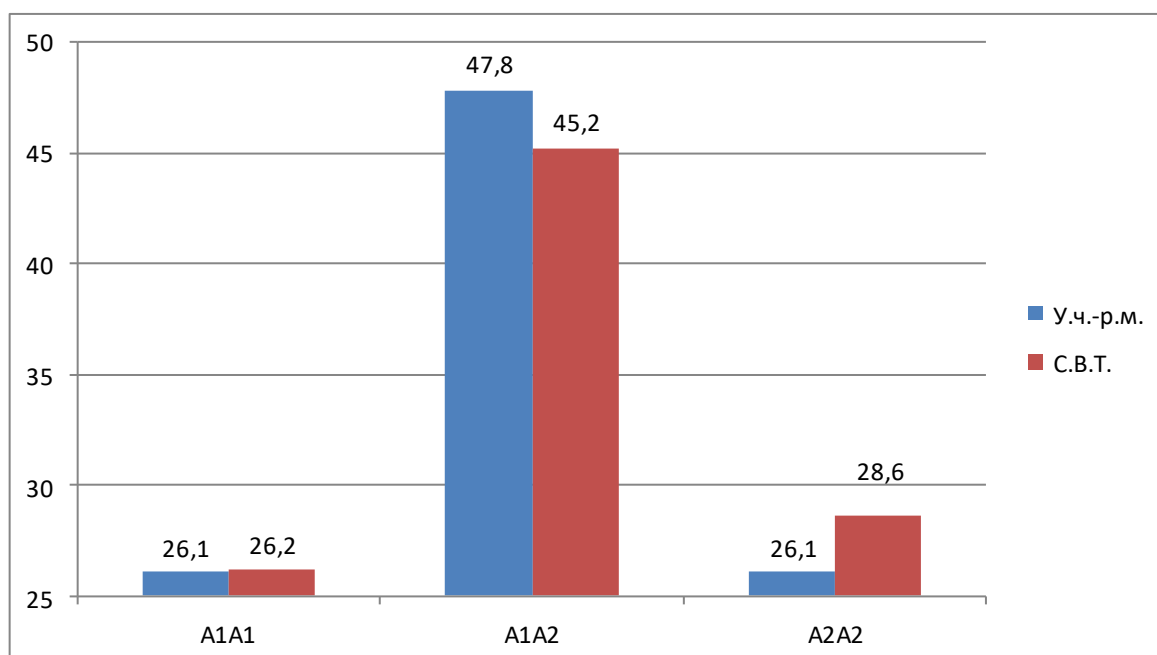


**Рис. 3.8. Споріднені зв'язки бугаїв–плідників голштинської породи з родоначальниками ліній**

У IV ряду до родоначальника знаходиться 28% бугаїв–плідників лінії С.Т. Рокіта 252803, 87% бугаїв–плідників лінії Метта 502096, 35% плідників лінії Чіфа 1427381, 69 % бугаїв лінії Елевейшна 149100. В V ряду до родоначальника знаходиться 50% бугаїв–плідників лінії С.Т. Рокіта 252803,

Айвенго 1189870 – 44%, Чіфа 1427381 – 28%. В VI ряду до родоначальника знаходиться 100% бугаїв–плідників лінії Сюпріма 563024, в VII ряду до родоначальника знаходиться 100% бугаїв–плідників лінії М.Чіфтейна 95679.

У результаті вивчення генеалогії молочного стада української чорно–рябої молочної породи нами встановлено, що за останні двадцять років суттєвий вплив на продуктивні ознаки корів мали чистопородні голштинські бугаї. За результатами досліджень науковців [110, 197], доведено, що тварини цієї породи мають низьке значення частоти бажаного генотипу А2А2 за бета–казеїном, а відповідно і низьку частоту бажаного алелю А2. Це підтверджено і нашими дослідженнями (рис. 3.9).



**Рис. 3.9. Частота генотипів корів різного походження за геном бета-казеїном, %**

Примітка: (УЧРМ – українська чорно–ряба молочна порода, СВТ – сумський внутрішньопородний тип)

Частота гетерозиготних генотипів складала майже 50% у тварин обох досліджуваних груп. Відповідно частота алелей була однаковою. Фактична гетерозиготність була дещо нижчою від очікуваної (табл. 3.30).

**Частота алелей та генотипів за локусом гена бета-казеїну**

Порода, тип	Розподіл*	Генотипи, %			Алель, од		$\chi^2$
		A1A1	A1A2	A2A2	A1	A2	
Українська чорно-ряба молочна (n=23)	Ф	26,1	47,8	26,1	0,50	0,50	0,043
	О	25,0	50,0	25,0			
Сумський внутрішньо-породний тип (n=40)	Ф	26,2	45,2	28,6	0,49	0,51	0,377
	О	23,8	50,0	26,2			

Примітка: \* Ф – фактичний розподіл генотипів, О – очікуваний розподіл генотипів

Нами також вивчалася частота генотипів за бета-казеїном у дочок різних бугаїв, які вперше телилися у 2020. Між первістками різного батьківського походження встановлена різниця за частотою генотипів та алелей за бета-казеїном. Більшою частотою гомозиготного генотипу A2A2 характеризувалися дочки бугаїв Альтаданно 62563777, Майголд 534651702 та Альтодегрі 64633889. Високі частоти гетерозиготних генотипів A1A2 мали дочки бугаїв Детектив 349159846, Масіро 354071654, Моріан 1402173979. Відповідно і кращими частотами бажаного алелю A2 характеризувалися доньки бугаїв Альтаданно 62563777, Детектив 349159846, Майголд 534651702, Альтодегрі 64633889. Найменша частота алелю A2 була характерна дочкам бугая Масіро 354071654 (табл. 3.31).

Таким чином, у результаті проведеного дослідження проаналізовані фактори формування генеалогічної структури стада української чорно-рябої молочної породи. Встановлено, що на початку створення стада генеалогічна структура тварин різного походження суттєво різнилася між собою. Починаючи з 2000 року на маточному поголів'ї використовувалися бугаї головним чином голштинської породи ліній Чіфа 1427381, Елевейшна 1491007 та Старбака 352790.

**Частота алелей та генотипів за локусом гена бета-казеїну у первісток  
різного походження**

Кличка та № батька	Лінія	Частота генотипів, %			Частота алелей,%	
		A1A1	A1A2	A2A2	A1	A2
Альтадегрі 64633889 (n=17)	Чіфа 1727381	35,3	23,5	41,2	0,47	0,53
Альтаданно 62563777 (n=5)	Старбака 352790	0,0	20,0	80,0	0,10	0,90
Детектив 349159846 (n=7)	Старбака 352790	0,0	71,4	28,6	0,36	0,64
Майголд 534651702 (n=6)	Старбака 352790	33,3	16,7	50,0	0,42	0,58
Масіро 354071654 (n=14)	Елевейшна 1491007	50,0	42,9	7,1	0,71	0,29
Моріан 1402173979 (n=9)	Елевейшна 1491007	22,2	55,6	22,2	0,50	0,50

Примітка: а – різниця між частотами генотипів дочок плідника Альтаданно та інших; б– різниця між частотами генотипів дочок плідника Детектив та інших; Р – рівень значущості згідно за критерієм Фішера: \* –  $P < 0,05$ ; \*\*\* –  $P < 0,001$

Як результат більше половини первісток мають умовну кровність за голштинською породою більше 94%. Згідно даних генетичних досліджень встановлено, що у стаді української чорно-рябої молочної породи більша частота характерна гетерозиготним генотипам A1A2 45–48%, а частота бажаного гомозиготного генотипу A2A2 складала 26–29%.

### 3.1.8 Господарсько-корисні ознаки худоби української черно-рябої молочної породи залежно від генотипу за бета-казеїном

Дивлячись на те, що при формуванні молочного стада селекціонери велику увагу приділяють показниками росту та розвитку телиць та з огляду на можливе вибракування тварин з бажаним генотипом А2А2 за показниками росту телиць, нами досліджено особливості зміни їх живої маси у різні вікові періоди. В 6-ти місячному віці лише телиці генотипу А1А1 (на 7%) дещо поступалися стандарту породи. Починаючи з 9-ти місячного віку тварини всіх генотипів переважали стандарт породи. Між тваринами різних генотипів в усі досліджувані вікові періоди статистично значущої різниці не встановлено (табл. 3.32).

Таблиця 3.32

#### Дослідження живої маси телиць з різним генотипом за бета-казеїном

Генотип	n	Жива маса у віці, кг				
		6 міс.	9 міс.	12 міс	15 міс.	18 міс.
А1А1	22	158±4,8	240±6,9	315±7,7	385±7,0	438±5,5
А1А2	40	170±3,3	251±6,8	323±4,9	389±4,3	436±4,2
А2А2	30	170±3,7	247±4,5	327±5,2	394±4,6	435±5,3
У середньому по стаду	92	167±2,2	247±2,8	322±3,3	389±2,9	436±2,8
Стандарт породи	–	170	229	284	334	380

Тобто генотип тварин не впливав на ріст телиць. На нашу думку, це є свідченням того, що при створенні стад худоби з бажаним генотипом А2А2 показники росту ремонтного молодняку не буде погіршуватись.

Була проведена оцінка показників молочної продуктивності та відтворювальної здатності корів різних генотипів за бета-казеїном. Це питання має актуальність через відсутність наукових публікацій із даного напрямку у фахових виданнях України. У той же час процес формування



мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями передбачає використання у процесі розведення і селекції лише тварин певних генотипів. Тому встановлення відмінностей між показниками продуктивності корів різної генетичної належності є невід’ємним елементом під час встановлення доцільності створення таких стад худоби (табл. 3.33).

Таблиця 3.33

**Дослідження показників молочної продуктивності та відтворювальної здатності тварин з різним генотипом за бета-казеїном**

Генотип	n	Показники						
		вік першого осіменіння, днів	жива маса при першому осіменінні, кг	вік першого отелення, днів	надій за I лактацію, кг	тривалість сервіс-періоду (I лактація), днів	тривалість міжотельного періоду (I-II лактація), днів	коефіцієнт відтворної здатності
A1A1	22	461 ±20,7	438 ±5,5	744 ±20,9	5950 ±134,4	169 ±22,4	169 ±22,4	1,24 ±0,069
A1A2	40	463 ±9,8	436 ±4,2	736 ±12,3	5589 ±184,5	149 ±15,5	149 ±15,5	1,18 ±0,042
A2A2	30	456 ±9,4	435 ±5,3	742 ±10,5	5763 ±176,3	158 ±17,5	158 ±17,5	1,20 ±0,048
У середньому по стаду	92	460 ±7,2	437 ±2,8	740 ±8,2	5731± 104,1	157 ±10,2	438 ±10,6	1,20 ±0,029

Встановлено, що найменшим віком першого осіменіння характеризувались тварини з генотипом A2A2, а найвищим – з генотипом A1A2. Тривалість сервіс-періоду в середньому по стаду складала більше 157 днів. Тварини з генотипом A1A1 мали вищий надій за першу лактацію та більшу тривалість сервіс- та міжотельного періодів. При цьому статистично значуща різниця була відсутня. Більшим вмістом жиру і білка характеризувались первістки гетерозиготного генотипу A1A2. При цьому відмічаємо відсутність статистично значущої різниці (табл. 3.34).

Тварини сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи майже за всіма показниками молочної продуктивності

відповідали стандарту породи. Між тваринами різних генотипів виявлена різниця за окремими господарсько–корисними ознаками. Слід зазначити, що у різні вікові періоди та за певними ознаками вона сильно варіювала, але була статистично незначущою.

Можна констатувати, що формування стад з генотипом А2А2 за бета–казеїном не матиме негативного достовірного впливу на рівень розвитку господарсько-корисних ознак тварин і таким чином забезпечить збереження бажаних показників продуктивності худоби стад нового типу [35].

Таблиця 3.34

### Біохімічні показники молока в залежності від генотипу за бета–казеїном

Генотип	n	Вміст, %					
		жиру	казеїну	лактози	сухої речовини	СЗМЗ	білка
A1A1	8	3,94 ±0,112	2,73 ±0,102	4,81 ±0,081	12,4 ±0,215	8,48 ±0,107	2,96 ±0,095
A1A2	6	4,19 ±0,273	2,79 ±0,143	4,80 ±0,092	12,7 ±0,447	8,53 ±0,126	3,02 ±0,140
A2A2	3	3,90 ±0,198	2,67 ±0,166	4,79 ±0,025	12,3 ±0,350	8,39 ±0,155	2,91 ±0,160
У середньому по стаду	17	3,99 ±0,097	2,73 ±0,070	4,80 ±0,045	12,5 ±0,169	8,47 ±0,075	2,96 ±0,067

### 3.1.9 Вплив генотипу за бета-казеїном на якісні показники молока корів різних порід

#### 3.1.9.1 Бета-казеїн і якість молока у худоби бурих порід

Основним питанням щодо перспектив використання поліморфізму гену бета-казеїну є його вплив не тільки на здоров'я людини, а й на якісні показники молочної продуктивності корів різної породної належності. Зокрема згідно досліджень, проведених у племінних репродукторах з розведення худоби лебединської породи ПСП «Комишанське» Охтирського

району, ПЗ «Михайлівка» Лебединського району, племінному заводі та репродукторі з розведення української бурої молочної породи ДП ДГ ІСГПС НААН Сумського району, ТДВ «Маяк» Тростянецького району Сумської області у 2020-2021 роках відповідно до результатів генотипування корів лебединської (n=151) та української бурої молочної породи (n=91) були встановлені наступні дані (табл. 3.35).

Таблиця 3.35

**Якісний склад молока залежно від генотипу за бета–казеїном  
(n=6 за кожним генотипом) (2020 рік)**

Генотип	Вміст в молоці, %			
	жиру	білка	лактози	СЗМЗ
Лебединська				
A1A1	4,73±0,209	3,24±0,065	4,94±0,063	9,01±0,114
A1A2	4,59±0,139	3,23±0,050	4,86±0,076	8,84±0,137
A2A2	4,68±0,364	3,31±0,062	5,06±0,114	8,97±0,197
У середньому	4,67±0,139	3,26±0,033	4,95±0,051	8,94±0,085
Українська бура молочна порода				
A1A1	4,65±0,056	3,22±0,093	4,99±0,140	9,08±0,251
A1A2	4,32±0,173	3,27±0,031	4,91±0,053	8,93±0,095
A2A2	4,47±0,111	3,33±0,031	5,00±0,046	9,09±0,084
У середньому	4,45±0,073	3,28±0,028	4,94±0,041	8,98±0,074

Середні показники вмісту складових у молоці корів досліджуваних популяцій відповідали стандартам порід. При цьому слід відмітити, що середні показники молочної продуктивності за всіма досліджуваними генотипами також знаходились у межах стандартів. Тварини лебединської породи з генотипом A2A2 переважали за вмістом білка та лактози в молоці тварин інших генотипів та середні показники вибірки. За вмістом жиру в

молоці перевагу мали тварини з генотипом A1A1. Слід відмітити, що ці різниці були статистично незначущими.

Корови української бурої молочної породи з гомозиготним генотипом A1A1 переважали інших за вмістом жиру, з генотипом A2A2 – мали перевагу за вмістом білка, лактози та сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ). При цьому різниця показників як між тваринами різних генотипів так і з середніми по виборці були статистично незначущими.

Таким чином, у результаті проведеного генотипування тварин лебединської та української бурої молочної порід за геном бета-казеїну встановлена міжпорідна диференціація за даною ознакою. Зокрема доведено, що частоти алелей A1 (0,308 - 0,313) та A2 (0,687 - 0,692) в локусі гену бета-казеїну у тварин різної породної належності відрізнялися. Відповідно частоти генотипів A1A1, A1A2 та A2A2 в залежності від походження різнилися: 9-13%, 36-45%, 46-51%. За даними генетико-статистичного аналізу встановлено надлишок у бета-казеїновому локусі гомозиготних варіантів A1A1 та A2A2, та нестачу гетерозиготного A1A2 у тварин лебединської породи. Між тваринами різних генотипів виявлена різниця за якісними характеристиками молока. У тварин різних порід вміст окремих компонентів молока змінювався не однаково залежно від генотипу за бета-казеїном, але ця різниця була статистично незначущою. За вмістом жиру та білка в молоці тварини всіх генотипів відповідали стандарту порід. Таким чином, можна констатувати, що формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на продуктивні ознаки корів і таким чином забезпечить збереження високих якісних показників молока худоби стад нового типу. Потребує подальшого вивчення питання впливу генотипу за бета-казеїном як на вміст складових молока, так і на його технологічні властивості, із залученням більшої кількості піддослідних тварин [66].

### 3.1.9.2 Бета–казеїн і якість молока у худоби симентальської породи

Проведене генотипування корів симентальської породи, що утримуються в ПЗ «Михайлівка» Лебединського району Сумської області (n = 46) та СФГ «Урожай» Роменського району Сумської області (n = 30).

Відповідно до мети наших досліджень, нами було досліджена залежність вмісту складових молока від генотипу за бета–казеїном (табл. 3.36).

Таблиця 3.36

#### Якісний склад молока залежно від генотипу за бета–казеїном (n = 7 за кожним генотипом)

Генотип	Вміст в молоці, %			
	жиру	білка	лактози	СЗМЗ
A1A1	4,43 ± 0,159	3,28 ± 0,060	4,93 ± 0,089	8,97±0,163
A1A2	4,36 ± 0,191	3,25 ± 0,050	4,88 ± 0,074	8,88 ± 0,135
A2A2	4,47 ± 0,166	3,36 ± 0,046	5,13 ± 0,077	9,12 ± 0,161
У середньому	4,42 ± 0,099	3,30 ± 0,030	4,94 ± 0,037	9,01 ± 0,072

Середні показники вмісту складових у молоці корів всіх досліджуваних генотипів відповідали стандарту породи. Тварини симентальської породи з бажаним генотипом A2A2 дещо переважали за всіма досліджуваними показниками тварин інших генотипів, але різниця між ними була статистично незначущою. Тому, на нашу думку, формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном не матиме негативного впливу на продуктивні ознаки корів і таким чином забезпечить збереження високих якісних показників молока худоби стад нового типу.

Таким чином, за вмістом жиру та білка в молоці тварини всіх генотипів відповідали стандарту породи. Між тваринами різних генотипів статистично значущої різниці за якісними характеристиками молока не виявлено. Можна констатувати, що формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном не

матиме негативного достовірного впливу на продуктивні ознаки корів і таким чином забезпечить збереження високих якісних показників молока худоби стад нового типу. Проте подальшого вивчення потребує питання впливу генотипу за бета-казеїном на технологічні властивості молока.

### 3.1.9.3 Бета-казеїн і якість молока у худоби української чорно-рябої молочної породи

Проведене генотипування корів української чорно-рябої молочної породи, що утримуються в ПЗ «Михайлівка» Лебединського району Сумської області (n=64), та Державному підприємстві «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України» (n=82).

Важливим залишається питання щодо впливу поліморфізму бета-казеїну на господарсько-корисні ознаки тварин. Нами вивчався його вплив на якісні показники молочної продуктивності корів (табл. 3.37).

Таблиця 3.37

#### Якісний склад молока залежно від генотипу за бета-казеїном (n=9 за кожним генотипом)

Генотип	Вміст в молоці, %			
	жиру	білка	лактози	СЗМЗ
A1A1	4,16±0,256	3,10±0,053	5,03±0,084	8,84±0,107
A1A2	4,05±0,172	3,15±0,084	5,10±0,065*	8,96±0,106*
A2A2	4,15±0,179	2,97±0,086	4,88±0,045	8,56±0,085
У середньому	4,14±0,118	3,10±0,038	4,99±0,049	8,82±0,060

Примітка: P<0,05 в порівнянні до генотипу A2A2

Середні показники вмісту складових у молоці корів відповідали стандартам порід за вмістом жиру в молоці та дещо поступалися йому за вмістом білка. При цьому слід відмітити, що середні показники за всіма досліджуваними генотипами зберігали ці тенденції. Корови української чорно-рябої молочної породи з гетерозиготним генотипом A1A2 переважали інших за вмістом білка, лактози та сухого знежиреного молочного залишку. Тварини гомозиготних генотипів A1A1 та A2A2 переважали гетерозигот за вмістом жиру в молоці. Відсутність статистично значущої різниці за основними складовими молока (жир, білок) між тваринами різних генотипів за бета-казеїном, свідчить на нашу думку, про те, що формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном не матиме негативного впливу на продуктивні ознаки корів і таким чином забезпечить збереження достатніх якісних показників молока худоби стад нового типу. Певну увагу тваринникам необхідно приділити селекційним та технологічним заходам щодо підвищення вмісту білка в молоці.

Таким чином, між тваринами різних генотипів виявлена статистично незначуща різниця за якісними характеристиками молока. За вмістом жиру в молоці тварини всіх генотипів відповідали стандарту породи та дещо поступалися йому за вмістом білка. Таким чином можна констатувати, що формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на продуктивні ознаки корів і таким чином забезпечить збереження достатніх якісних показників молока худоби стад нового типу. Потребує подальшого вивчення питання впливу генотипу за бета-казеїну як на вміст складових молока так і на його технологічні властивості, з залученням більшої кількості піддослідних тварин.

### 3.1.9.4 Міжпородна диференціація худоби північно-східного регіону України за якістю молока в залежності від генотипів за бета-казеїном

Дослідження якості молока були проведені серед генотипованого за геном бета-казеїну поголів'я корів лебединської (n=90), симентальської (n=46) та української чорно-рябої молочної породи (n=64), що утримуються в ПЗ «Михайлівка» Лебединського району Сумської області.

Основним питанням щодо перспектив використання поліморфізму гену бета-казеїну є його вплив не тільки на здоров'я людини, а й на якісні показники молочної продуктивності корів тварин, які перебувають в однакових умовах годівлі і утримання (табл. 3.38).

Таблиця 3.38

#### Якісний склад молока залежно від генотипу за бета-казеїном (n=3 за кожним генотипом)

Генотип	Вміст в молоці, %			
	жиру	білка	лактози	СЗМЗ
Українська чорно-ряба молочна порода				
A1A1	4,37±0,853	3,19±0,095	4,79±0,140	8,72±0,255
A1A2	3,94±0,423	3,34±0,095	5,01±0,142	9,12±0,260
A2A2	4,14±0,294	3,15±0,049	4,73±0,072	8,60±0,133
У середньому	4,15±0,294	3,23±0,051	4,84±0,075	8,81±0,137
Лебединська				
A1A1	4,88±0,393	3,24±0,062	4,87±0,012	8,86±0,172
A1A2	4,85±0,145	3,22±0,105	4,83±0,157	8,79±0,286
A2A2	5,02±0,559	3,38±0,116	5,26±0,155	9,09±0,416
У середньому	4,92±0,203	3,28±0,055	4,99±0,097	8,91±0,160
Симентальська порода				
A1A1	4,28±0,442	3,39±0,026	5,08±0,041	9,22±0,076
A1A2	4,46±0,630	3,27±0,093	4,91±0,144	8,93±0,258
A2A2	3,96±0,126	3,38±0,059	4,92±0,068	9,08±0,039
У середньому	4,23±0,236	3,34±0,038	4,97±0,055	9,08±0,089



Середні показники вмісту складових у молоці корів всіх досліджуваних порід відповідали стандартам порід. При цьому слід відмітити, що середні показники за всіма досліджуваними генотипами також знаходились у межах стандартів. Корови української чорно-рябої молочної породи з гомозиготним генотипом A1A1 переважали інших за вмістом жиру, з гетерозиготним генотипом A1A2 – мали перевагу за вмістом білка, лактози та сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ). При цьому різниця показників як між тваринами різних генотипів так і з середніми по виборці були статистично незначущими.

Тварини лебединської породи з генотипом A2A2 переважали за всіма досліджуваними показниками якості молока тварин інших генотипів та середні показники по виборці хоча ця різниця була статистично незначущою.

У тварин симентальської породи з бажаним генотипом A2A2 спостерігається менший вміст жиру в молоці в порівнянні з тваринами інших генотипів та середнього значення по виборці. За вмістом білка ці тварини разом з гомозиготами A1A1 переважають гетерозиготних тварин та середні значення по виборці. Гомозиготні тварини A1A1 переважають тварин інших генотипів за вмістом СЗМЗ. Слід відмітити що за всіма досліджуваними показниками різниця була статистично незначуща. Тому, на нашу думку, формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном не матиме негативного впливу на продуктивні ознаки корів, і, таким чином, забезпечить збереження високих якісних показників молока худоби стад нового типу.

Отже, між тваринами різних генотипів виявлена різниця за якісними характеристиками молока. У тварин різних порід вміст окремих компонентів молока змінювався не однаково залежно від генотипу за бета-казеїном, але ця різниця була статистично незначущою. За вмістом жиру та білка в молоці тварини всіх генотипів відповідали стандарту порід. Таким чином, можна констатувати, що формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на продуктивні ознаки корів і таким чином забезпечить збереження високих якісних показників молока худоби

стад нового типу. Потребує подальшого вивчення питання впливу генотипу за бета-казеїну як на вміст складових молока так і на його технологічні властивості, з залученням більшої кількості піддослідних тварин.

Вважаємо, що в ПЗ «Михайлівка» діяльність зі створення мікропопуляцій з генотипом А2А2 за бета-казеїном є перспективною у роботі з українською чорно-рябою молочною та лебединською породами. Популяція симентальської породи в господарстві потребує більш тривалої роботи зі створення такої мікропопуляції.

Матеріали досліджень підрозділу викладено у 13 наукових публікаціях [26, 28, 29, 30, 33, 37, 42, 43, 45, 50, 143, 144, 143].

## **3.2. Капа–казеїн як невід’ємна складова процесу формування стад худоби з унікальними продуктивними властивостями**

### **3.2.1. Перспектива формування унікальних мікропопуляцій згідно результатів генотипування поголів’я худоби молочних і комбінованих порід північного сходу України**

Поряд із сучасними принципами, методами, лімітуючими складовими та параметрами добору поголів’я при формування молочних стад, актуальним залишається питання технологічності молока у процесі його переробки на молочні продукти, у тому числі сир. У цьому аспекті належне чільне місце протягом багатьох років належить капа-казеїну, як визначальному технологічному фактору [137].

Результати ДНК-тестування локусу капа-казеїну на наявність А і В–алельних варіантів у тварин досліджуваних порід виявили, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу ВВ характеризуються тварини лебединської породи (табл. 3.39).

Тварини української чорно-рябої молочної породи мали дещо менше значення частоти бажаного генотипу, а худоба симентальської породи характеризувалася частотою генотипу ВВ, що була нижчою у 3 рази порівняно з тваринами лебединської породи. Найбільша частота гетерозиготного генотипу була притаманна коровам лебединської породи. Гомозиготні генотипи АА найчастіше зустрічалися серед тварин української чорно–рябої молочної породи.

Використання критерію  $\chi^2$  дозволило визначити ступінь відповідності фактичного розподілу генотипів очікуваним значенням. Розрахунок за формулою Харді-Вайнберга показав відсутність різниці між фактичними та очікуваними частотами генотипів для більшості порід. Це може свідчити про відсутність добору за даною ознакою та збереження генетичної рівноваги.

**Частота алелей та генотипів за локусом гена капа-казеїну порід худоби  
північного сходу України**

Порода	Розподіл <sup>1</sup>	Генотипи, %			Алель, од		$\chi^2$
		AA	AB	BB	A	B	
Лебединська	Ф	19	50	31	0,442	0,558	0,014
	О	20	49	31			
Українська бура молочна	Ф	30	41	30	0,500	0,500	1,455
	О	25	50	25			
Симентальська	Ф	44	46	10	0,671	0,329	0,099
	О	45	44	11			
Українська чорно-ряба молочна	Ф	58	27	15	0,712	0,288	3,079
	О	51	41	8			

Примітка: 1 Ф – фактичний розподіл генотипів, О – очікуваний розподіл генотипів

a – різниця частот генотипів між лебединською породою та іншими породами; b – різниця частот генотипів між українською чорно-рябою молочною породою та іншими породами; P – рівень значущості згідно за критерієм Фішера: \* – P < 0,05; \*\*\* – P < 0,001

Тобто селекція тварин ведеться на основі традиційних методів оцінки молочної продуктивності, без врахування генетичних факторів, які впливають на якісний склад молочного білка. Виключення становлять тварини української чорно-рябої молочної породи, яким притаманна наявність високої частоти гомозигот бажаного генотипу.

Існує загальноприйнята думка, що порушення випадкового схрещування повинно викликати відхилення в частотах генотипів від очікуваного рівноваги Харді-Вайнберга і в результаті інбридингу частоти генотипів повинні змінюватися в бік переважання гомозигот. Це чітко спостерігається серед тварин української чорно-рябої молочної породи. У них очікувана гетерозиготність переважала фактичну (табл. 3.40).

Однак у худоби лебединської та симентальської порід навпаки, фактична гетерозиготність переважали очікувану. Підтвердженням цього є негативне значення індексу фіксації Райта. Це свідчить про незначний надлишок гетерозигот у цих вибірках.

Таблиця 3.40

**Значення основних показників мінливості порід худоби за геном капа–казеїну**

Порода	$H_o$	$H_e$	$F_{is}$
Лебединська	0,500	0,493	-0,011
Українська бура молочна	0,409	0,500	0,182
Симентальська	0,463	0,442	-0,049
Українська чорно–ряба молочна	0,269	0,411	0,344

$H_o$  – фактична гетерозиготність,  $H_e$  – очікувана гетерозиготність,  $F_{is}$  – фіксаційний індекс

Використовуючи генетико–статистичні методи аналізу, шляхом визначення цифрових значень таких генетичних констант як ступінь гомозиготності ( $C_a$ ), рівень поліморфності ( $N_a$ ) ми намагалися оцінити перспективність роботи зі створення стад з генотипом ВВ за капа–казеїном. У результаті проведених досліджень встановлено, що ступінь гомозиготності у досліджуваних популяціях великої рогатої худоби знаходиться в межах від 50,0 до 58,9%, що свідчить про те, що тварини бурих порід найбільш консолідовані за досліджуваною ознакою.

Рівень поліморфності (число ефективно діючих алелей –  $N_a$ ) у локусі капа–казеїну тварин української бурої молочної та лебединської порід найвищий – 2 і 1,97 відповідно. Тест гетерозиготності має як позитивне так і негативне значення, що свідчить про те, що у популяціях української бурої, чорно–рябої та червоно–рябої молочних порід спостерігається недостатня частка гетерозигот у порівнянні з теоретично розрахованою. Коефіцієнт ексцесу ( $D$ ) підтверджує це твердження. У цілому можна констатувати, що

дані генетико–статистичного аналізу свідчать про те, що генетична структура порід за капа–казеїном суттєво різниться (табл. 3.41).

Таблиця 3.41

### Генетична структура худоби молочних порід за локусом капа–казеїну

Показники	Породи							
	лебединська		українська бура молочна		симентальська		українська чорно–ряба молочна	
	фактичні	теоретичні	фактичні	теоретичні	фактичні	теоретичні	фактичні	теоретичні
Гетерозиготи	39	39	18	22	19	18	7	11
Гомозиготи	39	39	26	22	22	23	19	15
Коефіцієнт гетеро/гомозиготи	1,00	1,00	0,69	1	0,86	0,78	0,37	0,73
Тест гетерозиготності	0,026	–	–0,308	–	0,072	–	–0,328	–
Ступінь гомозиготності, Са, %	50,7	–	50,0	–	55,8	–	58,9	–
Рівень поліморфності, На	1,97	–	2,00	–	1,79	–	1,69	–
Коефіцієнт ексцесу D	0,013	–	–0,181	–	0,049	–	–0,344	–
Частка гомозигот, %	50,0	–	59,0	–	54,0	–	73,0	–

Також нами проаналізовані дані Каталогу бугаїв молочних і молочно–м'ясних порід для відтворення маточного поголів'я щодо генотипу бугаїв досліджуваних порід за капа–казеїном (табл. 3.42).

Таблиця 3.42

### Результати оцінки генотипу плідників за капа–казеїном\*

Порода	Кількість тварин певного генотипу, голів		
	АА	АВ	ВВ
Лебединська	6	4	2
Швіцька	0	0	8
Симентальська	3	6	0
Голштинська (чорно–рябої масті)	63	133	68

Згідно результатів досліджень встановлено, що лише швіцька порода представлена плідниками виключно бажаних гомозиготних генотипів ВВ. У тварин інших порід більшість становлять гетерозиготні бугаї–плідники АВ та гомозиготні АА. Серед бугаїв симентальської породи взагалі відсутні особини з генотипом ВВ. Поголів'я плідників лебединської породи представлене тваринами всіх трьох генотипів за капа–казеїном, що дає можливість забезпечити варіабельність напрямків подальших наукових досліджень у процесі збереження локальної породи Сумщини. Відсутність оцінених за генотипом капа–казеїну бугаїв української чорно–рябої молочної породи робить неможливим процес створення чистопородних стад із заданими бажаними параметрами за капа–казеїном, і призводить до необхідності використання плідників голштинської породи задля досягнення даної мети, якщо це передбачити у програмах селекції.

У нашому дослідженні було встановлено, що алель В капа–казеїну був більш поширеним у популяції лебединської (0,558) худоби в порівнянні з алелем А (0,442). У тварин української чорно–рябої молочної породи (при розведенні якої широко застосовуються бугаї голштинської породи) та симентальської породи, навпаки частота алелю А (відповідно 0,712 та 0,671) була вищою від частоти алелю В (відповідно 0,288 та 0,329). Ці результати відповідають раніше опублікованим дослідженням, згідно яких у тварин бурих порід частота алелю В складала 0,66–0,705, а у симентальської породи була дещо нижчою – 0,566–0,630. Щодо результатів тестування тварин голштинської породи за даними різних авторів були отримані суперечливі результати (табл. 3.43).

Гомозиготні генотипи АА та ВВ сумарно проявлялися у переважній більшості досліджуваного поголів'я (73%) тварин української чорно–рябої молочної породи. Дещо більше половини гомозиготні генотипи становили у досліджуваних тварин симентальської породи (54%) та лебединській (50%). У результаті цього у корів української чорно–рябої молочної породи встановлена істотна різниця між значеннями фактичної та очікуваної

гетерозиготності. Індекс фіксації Райта свідчить про дефіцит гетерозигот в популяції української чорно-рябої молочної породи.

Таблиця 3.43

**Частота алелей капа-казеїну (за даними дослідників)**

Порода	Частоти алелей		Джерело
	А	В	
Brown Swiss	0,23	0,77	Amalfitano N., et al, 2018
Brown Swiss	0,40	0,59	Birgit Fürst-Waltl , Hermann Schwarzenbacher, 2018
Симентальська	0,64	0,35	Bezdiček, J., 2007
Симентальська	0,68	0,32	Копилов, 2010
Голштинська	0,75	0,16	Bezdiček, J., 2007
Голштинська	0,77	0,19	Molee, A. et al, 2015

Таким чином, у результаті проведеної роботи встановлені частоти алелей та генотипів за локусом капа-казеїну у межах досліджуваних порід. Встановлено, що породи молочної худоби України суттєво відрізняються між собою за даною ознакою. Генетична рівновага, виявлена нами при дослідженнях, відображає загальносвітові тенденції в породних популяціях та свідчить про відсутність цілеспрямованої селекції у напрямку збільшення рекомендованих у технологічному плані гомозигот ВВ.

Прискорене формування бажаних генетичних комбінацій у мікропопуляціях (стадах), за потреби переробної галузі, у першу чергу сироварів, можливе у популяції худоби бурих порід. Подібна робота з молочними стадами української чорно-рябої молочної та симентальською породами потребує більшого часу, що пов'язано з низькою частотою генотипів ВВ у тварин цих порід.

Такі мікропопуляції з бажаним гомозиготним генотипом ВВ за капа-казеїном створюють передумови покращення якості молока, як сировини, для



спеціалізованих молокопереробних підприємств з виробництва сиру. Стабілізації галузі молочного скотарства та її розвитку в Україні суттєво сприятиме ріст ціни на сировину(молоко), який можливий при продажу партій молока виключно з генотипами ВВ за капа–казеїном для виробництва сирів.

Завдяки вищій частоті генотипу ВВ у тварин бурих порід, є можливість їхнього збереження та розповсюдження в господарствах регіону і України в цілому як джерела високоякісної молочної сировини, що є актуальним питанням при переробці молока на сир.

### **3.2.2. Бугаї-плідники бажаних генотипів як лімітуючий фактор формування унікальних стад**

Результати ДНК-тестування локусу капа–казеїну на наявність А і В-алельних варіантів у плідників досліджуваних порід та помісних тварин виявили, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу ВВ характеризуються тварини бурої карпатської породи (табл. 3.44).

Помісні плідники української бурої молочної породи мали дещо менше значення частоти бажаного генотипу (0,40), а помісні тварини лебединської породи зі швіцькою, оригінальною бурою німецькою; бурої карпатської зі швіцькою мали частоту у межах 0,17-0,29. Серед бугаїв лебединської породи даний генотип не зустрічався.

Найбільшою частотою гетерозиготного генотипу характеризувались помісні бугаї бурої карпатської та швіцької порід (0,73). Чистопородні плідники лебединської, бурої карпатської та помісі лебединської з оригінальною бурою німецькою мали частоту цього генотипу на рівні 0,50-0,57.

**Частота генотипів та алелей за локусом гена капа-казеїну**

Порода/помісь	Розподіл	Частота генотипів			Частота алелей		$\chi^2$
		AA	AB	BB	A	B	
Лебединська чистопородна	Ф	0,50	0,50	0	0,75	0,25	0,444
	О	0,56	0,38	0,06			
Помісі лебединської породи з швіцькою	Ф	0,42	0,29	0,29	0,57	0,43	1,215
	О	0,33	0,49	0,18			
Бура карпатська чистопородна	Ф	0	0,50	0,50	0,25	0,75	0,444
	О	0,06	0,38	0,56			
Помісі бурої карпатської з швіцькою	Ф	0	0,73	0,27	0,36	0,64	3,591
	О	0,13	0,47	0,40			
Помісі лебединської з оригінальною бурою німецькою	Ф	0,26	0,57	0,17	0,55	0,45	0,555
	О	0,31	0,49	0,20			
Помісі українська бура молочна з оригінальною бурою німецькою	Ф	0,20	0,40	0,40	0,40	0,60	0,139
	О	0,16	0,48	0,36			

Гомозиготний генотип AA виявлений у тварин лебединської породи з найбільшою частотою 0,50, а у тварин бурої карпатської породи та її помісей він взагалі не зустрічався.

Використання критерію  $\chi^2$  дозволило визначити ступінь відповідності фактичного розподілу генотипів очікуваним значенням. Розрахунок за формулою Харді-Вайнберга показав відсутність різниці між фактичними та очікуваними частотами генотипів для більшості порід. Це може свідчити про відсутність добору за даною ознакою та збереження генетичної рівноваги.

Тобто селекція тварин ведеться на основі традиційних методів оцінки молочної продуктивності, без врахування генетичних факторів, які

впливають на якісний склад молочного білка. Виключення становлять помісні тварини бурої карпатської породи зі швіцькою.

Існує загальноприйнята думка, що порушення випадкового схрещування повинно викликати відхилення в частотах генотипів від очікуваної рівноваги за законом Харді–Вайнберга. У тварин лебединської, бурої карпатської порід, помісей бурої карпатської та швіцької порід, лебединської з оригінальною бурою та симентальської порід фактична гетерозиготність переважала очікувану. Негативне значення індексу фіксації Райта свідчить про незначний надлишок гетерозигот в цих вибірках (табл. 3.45).

Таблиця 3.45

#### Значення основних показників мінливості за геном капа–казеїну

Порода	$H_o$	$H_e$	$F_{is}$
Лебединська чистопородна	0,500	0,375	-0,333
Помісі лебединської породи зі швіцькою	0,286	0,490	0,417
Бура карпатська чистопородна	0,500	0,375	-0,333
Помісі бурої карпатської зі швіцькою	0,727	0,463	-0,571
Помісі лебединської з оригінальною бурою німецькою	0,579	0,494	-0,171
Помісі української бурої молочної з оригінальною бурою німецькою	0,400	0,480	0,167

$H_o$  – фактична гетерозиготність,  $H_e$  – очікувана гетерозиготність,  $F_{is}$  – фіксаційний індекс

На нашу думку, заходи зі збереження лебединської породи, які розроблені фахівцями Сумського національного аграрного університету, а саме робота методом популяції реципрокного відтворення з використанням бугаїв-плідників оригінальної бурої німецької породи, дозволяє підвищити частоту алеля В капа-казеїну в генофондних стадах.

Це в свою чергу дасть можливість отримати корів з бажаними показниками якості молочної сировини та бугаїв-плідників лебединської породи з генотипом ВВ за капа-казеїном для замовних парувань. Тому ми можемо з впевненістю казати, що за рахунок проведених досліджень та завдяки співпраці науковців та виробничників можуть надати змогу створити молочні стада бурої худоби, від яких буде отримане молоко з підвищеним вмістом капа-казеїну, що в значній мірі підвищить прибутковість його виробництва і переробки, а також затребуваність молочних продуктів. У свою чергу це може сприяти впровадженню подальших заходів зі збереження генофонду бурої худоби України.

Робота з бурою карпатською породою повинна включати індивідуальну роботу науковців та селекціонерів з власниками худоби з метою отримання від замовних парувань тварин з бажаним генотипом за капа-казеїном. Це в свою чергу дозволить отримувати від тварин більш сиропридатне молоко, що дозволить підвищити конкурентність цієї породи. Проте слід зауважити, що в зв'язку з малою кількістю поголів'я корів цієї породи у селян, мова може йти лише про виробництво крафтової продукції (сиру). Одним з варіантів популяризації породи може бути зелений туризм в Карпатах.

У нашому дослідженні було встановлено, що алель В капа-казеїну був більш поширеним у популяції бурої карпатської породи (0,750) худоби в порівнянні з алелем А (0,250). У тварин лебединської породи, навпаки частота алелю А (відповідно 0,750) була вищою ніж частота алелю В (відповідно 0,250). Ці результати не повністю співпадають з раніше опублікованими дослідженнями (табл. 3.46). Так зберігається тенденція щодо більшої частоти алеля А у тварин лебединської породи. Проте різниця складає 1,16–1,90 рази. Тоді як у наших дослідженнях частота алеля А була вищою у 3 рази. Результати дослідження Гузеєва Ю.В. (2011) вказують, що у лебединської породи частота алеля В вища від частоти алеля А. У помісних тварин лебединської та швіцької породи за результатами наших досліджень

частота алеля А була вищою у 1,32 рази, тоді як за літературними даними частоти алелей А та В були однаковими.

Бура карпатська порода за результатами наших досліджень має дуже високу частоту алеля В – 0,75, що не співпадає з раніше проведеними дослідженнями. Помісні ж тварини з швіцькою породою мали меншу частоту бажаного алеля.

Підвищення частоти алеля В у помісних тварин лебединської та швіцької породи на нашу думку можна пояснити тим, що тварини швіцької породи мають вищу частоту алеля В ніж А, що доведено раніше проведеними дослідженнями інших науковців (табл. 3.46).

Таблиця 3.46

**Частота алелей капа–казеїну (за даними дослідників)**

Порода	Частоти алелей		Джерело
	А	В	
Лебединська*	0,600	0,380	Ладика В.І., 1999
Помісі Лебединська*швіцька	0,500	0,500	Ладика В.І., 1999
Лебединська*	0,533	0,454	Обливанцов В.В., 2004
Українська бура молочна	0,500	0,500	Обливанцов В.В., 2004
Лебединська	0,567	0,433	Чумель Р.І., 2004
Лебединська	0,463	0,537	Гузєєв Ю.В., 2011
Бура карпатська	0,564	0,436	Гузєєв Ю.В., 2011
Бура карпатська	0,619	0,381	Гузєєв Ю.В., 2017
Швіцька*	0,312	0,653	Гладирь О.О. , 2001
Швіцька німецької* селекції	0,474	0,518	Обливанцов В.В., 2004

\* Наявні інші алелі

Таким чином, у результаті проведеної роботи встановлені частоти алелей та генотипів за локусом капа–казеїну. Встановлено, що бугаї бурих порід, які розводяться в Україні, суттєво відрізняються між собою за даною ознакою. Генетична рівновага, виявлена нами при дослідженнях, відображає загальносвітові тенденції породних популяцій та свідчить про відсутність цілеспрямованої вітчизняної селекції у напрямку збільшення гомозигот ВВ.

Прискорене формування бажаних генетичних комбінацій у мікропопуляціях (стадах), за потреби переробної галузі, в першу чергу сироварів, можливе у популяціях бурої худоби.

Такі мікропопуляції з бажаним гомозиготним генотипом ВВ за капа–казеїном створюють передумови покращення якості молока як сировини для спеціалізованих молокопереробних підприємств з виробництва сиру. Стабілізації галузі молочного скотарства та її розвитку в Україну суттєво сприятиме ріст ціни на сировину(молоко), який можливий за умови продажу партій молока виключно з генотипами ВВ за капа–казеїном для подальшої переробки на сир. Завдяки підвищенню частоти генотипу ВВ у тварин бурих порід є можливість їхнього подальшого збереження, збільшення чисельності популяції та розповсюдження в господарствах України.

### **3.2.3. Характеристика генетичної структури плідників, допущених до використання в Україні у 2020 році за геном капа-казеїну**

Згідно аналізу Каталогу бугаїв молочних і молочно–м'ясних порід було встановлено, що серед допущених до використання 872 голштинів, оцінених за якістю потомства та геномно, за генотипом капа–казеїну оцінено 47% тварин, із 59 голів джерсеїв – 49%; з 17 швіців – 47%; з 17 сименталів – 53%; з 13 монбельярдів – 62%; з 8 червоних данських – 100%; 7 червоних норвежських – 71%; з 8 айрширів – 75%.

Найбільша частка бугаїв з генотипом ВВ встановлена у бугаїв швіцької та джерсейської порід (рис. 3.10).

Найменша частка плідників даного генотипу – серед тварин голштинської, червоної данської, червоної норвежської порід. У сименталів, даного генотипу не виявлено. Більшою часткою генотипу AA характеризувалися бугаї червоної норвежської, червоної данської та айрширської порід, а у плідників швіцької, джерсейської та монбельярдської популяції даний генотип відсутній. Значна частка гетерозиготних генотипів АВ встановлена серед бугаїв симентальської породи. У плідників швіцької та айрширської порід не виявлено тварин з цим генотипом. Тварини з генотипом АЕ виявлені серед голштинської та айрширської порід, з генотипом ВЕ – голштинської та червоної данської, ЕЕ – голштинської.

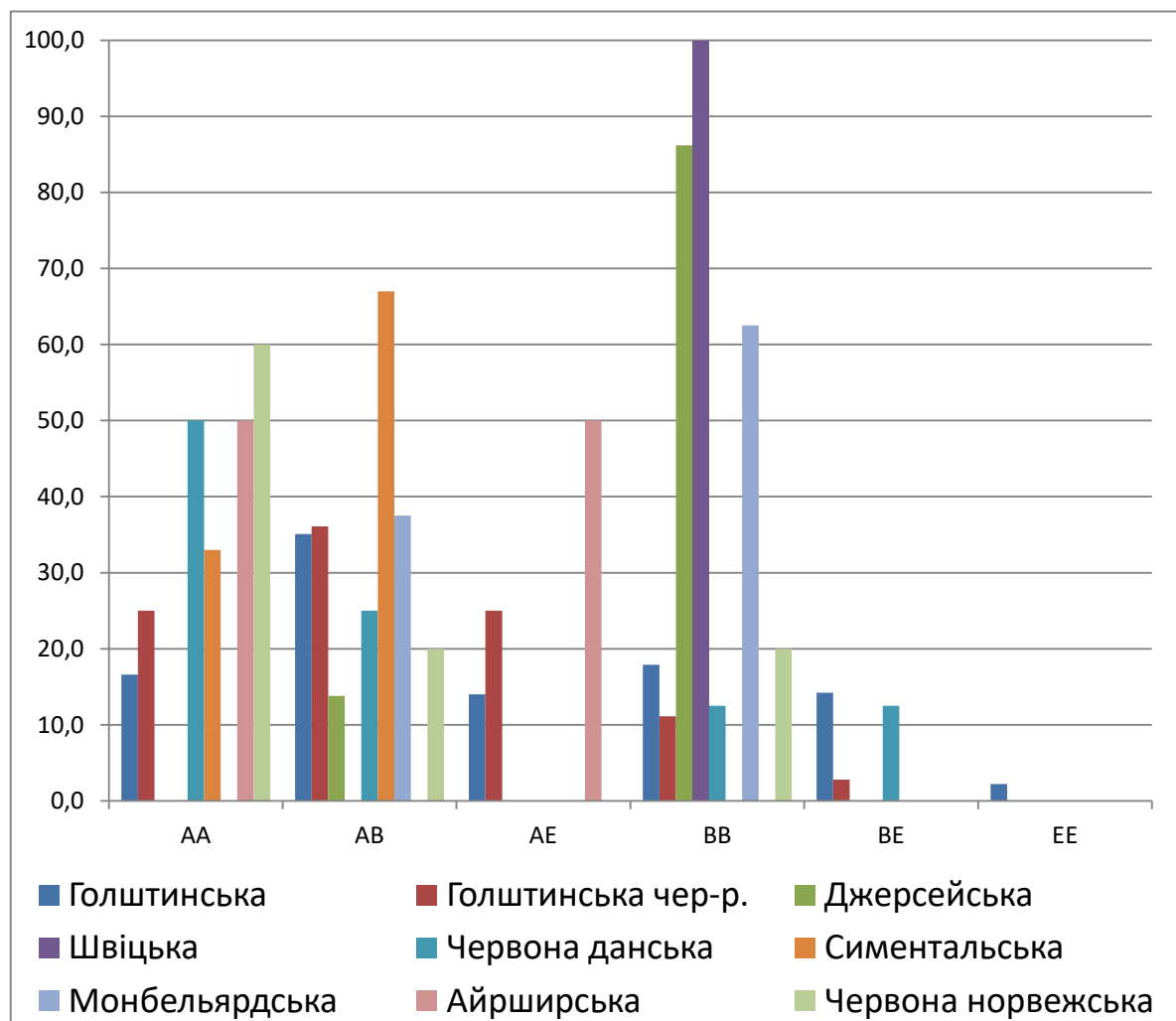
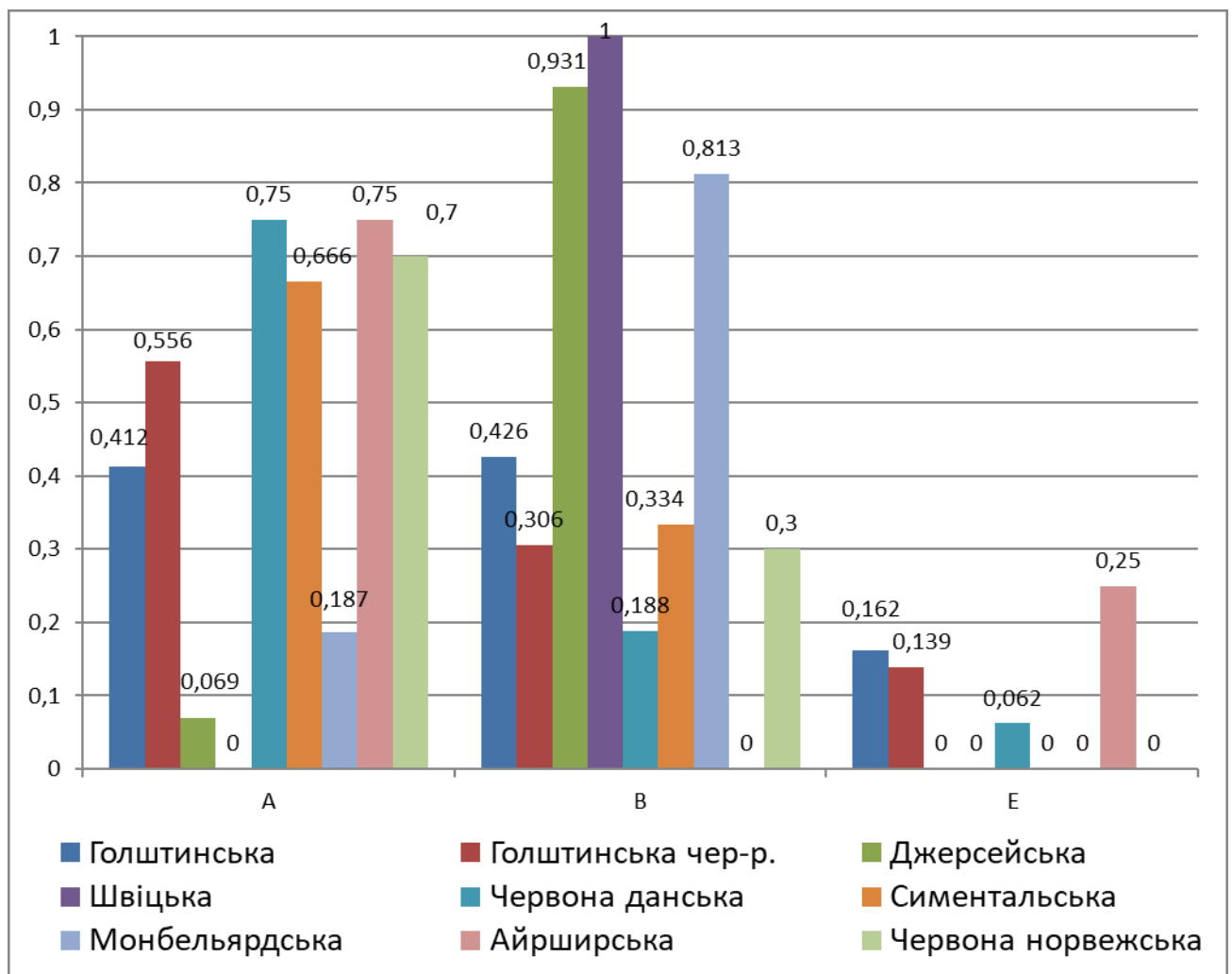


Рис. 3.10. Структура бугаїв за генотипом капа-казеїну, %

Частота розподілу алелей гену капа–казеїна у бугаїв різних порід допущених до використання має наступний вигляд (рис 3.11).

Найбільшу частку бажаного алелю В виявлено у бугаїв швіцької, джерсейської та монбельярдської порід. Меншою часткою даного алелю характеризувалися плідники червоної данської, червоної норвежської та симентальської порід. Відповідно, бугаї цих порід та айрширської характеризувалися найбільшою частотою алелю А, а найменшою – бугаї джерсейської. Частота алелю Е складала від 0,062 до 0,25.



**Рис. 3.11. Частота розподілу алелей гену капа–казеїну у бугаїв різних порід**

Задля визначення впливу генотипу бугаїв за капа–казеїном на показники молочної продуктивності нащадків нами проведений аналіз рівня



племінної цінності бугаїв голштинської породи за основними продуктивними ознаками та найбільш вагомими економічними індексами (табл. 3.47).

Встановлено, що достовірної різниці за надоем, кількістю молочного жиру та білка між тваринами всіх досліджуваних генотипів за капа-казеїном та середнім за породою (серед бугаїв каталогу) не виявлено. За всіма економічними індексами бугаї голштинської породи (чорно-рябої масті) ЕЕ переважали середній показник за породою ( $P < 0,05$ ). Бугаї-плідники з генотипом ВВ не мали достовірної різниці з бугаями інших генотипів за всіма досліджуваними ознаками.

Таблиця 3.47

**Результати оцінки бугаїв голштинської породи за геном капа-казеїну залежно від генотипу \***

Генотип	Milk, фунти	Fat, фунти	Prot, фунти	NM, \$	FM, \$	CM, \$	GM, \$
AA (n=64)	1112 ±78,5	62 ±3,3	44 ±2,3	637 ±35,7	596 ±33,7	659 ±36,6	580 ±35,0
AB (n=265)	1221 ±48,2	68 ±2,1	51 ±1,4	713 ±18,0	659 ±17,5	734 ±19,0	655 ±16,9
AE (n=156)	1449 ±78,6	65 ±3,2	44 ±2,2	676 ±27,6 <sup>1</sup>	637 ±26,6	696 ±28,3	620 ±26,6
BB (n=12)	1222 ±57,5	67 ±3,1	51 ±1,8	719 ±28,3	673 ±23,5	757 ±28,1	660 ±27,3
BE (n=16)	1170 ±77,4	73 ±3,0	47 ±2,0	747 ±22,3	702 ±21,2	771 ±23,1	684 ±20,6
EE (n=14)	1599 ±286, 8	73 ±6,6	58,5 ±7,8	792 ±40,3 <sup>1</sup>	770 ±43,8 <sup>1</sup>	805 ±39,7	741 ±40,1 <sup>1</sup>
Середнє значення	1194 ±29,0	67 ±1,2	48 ±0,9	703 ±11,3	656 ±10,6	727 ±11,7	644 ±10,9

Примітка: \* порівняння проведено до показників середнього за породою

Отже, ми можемо стверджувати, що бугаї з генотипом ВВ за капа-казеїном, допущені до використання у 2020 році забезпечить достатній рівень молочної продуктивності потомків у поєднанні з науково підтвердженою сиропридатністю молока. Частота алеля В капа-казеїну в стаді молочної худоби може бути підвищена шляхом використання бугаїв-плідників, що мають В-алельний варіант капа-казеїну в своєму геномі.

Таким чином, створена база даних бугаїв-плідників, допущених до використання в Україні, оцінених за генотипом капа-казеїну дозволяє встановити позитивну перспективу можливості формування стад укомплектованих тваринами з генотипом капа-казеїну ВВ в Україні. Встановлено, що бугаї різних порід мають різну частоту алелей капа-казеїну. Найбільшою частотою гомозигот ВВ відрізняються бугаї-плідники швіцької та джерсейської порід (відповідно 100 та 86,2 %).

Частота розподілу алеля В капа-казеїну у бугаїв різних порід була вищою у тварин швіцької (1,00), джерсейської (0,931) та монбельярдської порід (0,813).

Бугаї-плідники генотипу ВВ за показниками продуктивності дочок не поступаються бугаям-плідникам з генотипами АА та АВ, у той же час забезпечують підвищену сиропридатність молока, що робить економічно доцільним їхнє використання.

#### **3.2.4. Молочна продуктивність худоби української бурої молочної породи залежно від генотипу за капа-казеїном**

Основним питанням щодо перспектив використання поліморфізму гену капа-казеїну є його вплив на рівень молочної продуктивності корів. У 2020 році ми провели такі дослідження (табл. 3.48).

**Молочна продуктивність корів за першу лактацію залежно від генотипу  
за капа–казеїном**

Генотип	n	Надій, кг	Вміст у молоці, %		Кількість, кг	
			жиру	білка	молочного жиру	молочного білка
AA	11	5036±317,4	3,94±0,128	3,18±0,053	200±15,3	161±11,3
AB	8	4800±1329,0	3,82±0,180	3,15±0,069	187±21,8	152±16,0
BB	10	5103±334,7	3,62±0,140	3,01±0,096	187±18,9	155±15,1

Проведені нами дослідження свідчать, що тварини з бажаним генотипом BB не поступаються за величиною надою тваринам з гетерозиготним генотипом AB та гомозиготним – AA. Між первістками української бурої молочної породи різних генотипів за капа–казеїном статистично значущої різниці за показниками молочної продуктивності не встановлено. Хоча відмічаємо, що гетерозиготні (AB) тварини поступалися гомозиготним (AA та BB) за величиною надою. При цьому за якісними показниками перевагу мали тварини з генотипами AA та AB.

За результатами вищої лактації гомозиготні тварини (AA та BB) переважали гетерозиготних (AB) за величиною надою, відповідно на 1091 та 922кг ( $p<0,05$ ) (табл. 3.49).

Таблиця 3.49

**Молочна продуктивність корів української бурої молочної породи за  
кращу лактацію залежновід генотипу за капа–казеїном.**

Генотип	n	Надій, кг	Вміст у молоці,%		Кількість, кг	
			жиру	білка	молочного жиру	молочного білка
AA	11	6889±379,3*	4,17±0,116	3,22±0,058	284±11,5*	222±13,9
AB	8	5798±287,9	4,04±0,092	3,25±0,052	233±8,4	188±10,8
BB	10	6720±219,9*	4,07±0,098	3,23±0,019	274±12,8*	204±14,4

Примітка. \* Порівняння з генотипом AB, \*  $p<0,05$

Вищим вмістом жиру в молоці характеризувалися тварини із генотипом АА, білка – АВ, хоча статистичної значущої різниці між досліджуваними групами не встановлено. Проте, тварини з гетерозиготним АВ генотипом за середньою кількістю молочного жиру поступалися гомозиготним з генотипами АА та ВВ тваринам ( $p < 0,05$ ).

Отримані нами результати не співпадають з опублікованими іншими дослідниками [133, 161], за даними яких тварини з генотипом АА мали вищі надої, але поступалися тваринам з генотипами АВ або ВВ за якісними показниками. На нашу думку, це пов'язано з малою досліджуваною вибіркою (29 голів) і потребує подальшого вивчення.

Таким чином, встановлено, що частоти алелей А (0,517) та В (0,483) в локусі гену капа-казеїну були майже однаковими. Відповідно, частоти генотипів АА та ВВ були високими (38 та 34% відповідно). За даними генетико-статистичного аналізу встановлено надлишок у капа-казеїновому локусі гомозиготних варіантів АА та ВВ та нестачу гетерозиготного АВ.

Між первістками української бурої молочної породи різних генотипів статистично значущої різниці за показниками молочної продуктивності не встановлено. Хоча відмічаємо, що гетерозиготні (АВ) тварини поступалися гомозиготним (АА та ВВ) за величиною надою. При цьому за якісними показниками перевагу мали тварини з генотипами АА та АВ. За результатами вищої лактації гомозиготні тварини (АА та ВВ) переважали гетерозиготних (АВ) за величиною надою, відповідно, на 1091 та 922кг ( $p < 0,05$ ). Тварини з гетерозиготним АВ генотипом за середньою кількістю молочного жиру поступалися гомозиготним з генотипами АА та ВВ тваринам ( $p < 0,05$ ).

Подальші дослідження будуть зосереджені на розробці селекційно-генетичних заходів зі створення стад тварин з бажаним генотипом ВВ.

### 3.2.5. Вплив генотипу за капа-казеїном на показники росту і молочну продуктивність худоби української бурої молочної породи

У 2021 році нами проаналізовано вплив генотипу за капа-казеїном на динаміку живої маси телиць української бурої молочної породи до 18-ти місячного віку. Встановлено, що достовірно значущого впливу даного фактора на показники живої маси в усі досліджувані періоди не виявлено. До 12-ти місячного віку перевагу за живою масою мали тварини з гомозиготним генотипом ВВ. Тварини з гомозиготним генотипом АА також відповідали середнім показниками стада. Телиці з генотипом АВ дещо поступалися за цими показниками тваринам інших груп. У 15-ти місячному віці тварини з генотипами АА та ВВ мали майже однакові середні значення живої маси та незначно переважали середні показники по стаду. У 18-ти місячному віці тварини з генотипами АА та ВВ мали середню живу масу на рівні середніх значень по стаду. При цьому телиці з генотипом АВ за середньою масою поступалися їм відповідно на 2 та 5 кг. При цьому середні показники живої маси тварин 12-місячного віку дещо поступалися стандарту породи, а починаючи з 15-ти місячного віку майже повністю відповідали йому (табл. 3.50).

Таблиця 3.50

#### Динаміка живої маси телиць української бурої молочної породи різних генотипів за капа-казеїном

Генотип	n	Жива маса у віці, кг				
		6 міс.	9 міс.	12 міс	15 міс.	18 міс.
АА	12	140±8,3	205±12,7	275±11,7	338±17,9	380±21,6
АВ	17	137±4,9	196±7,9	261±9,4	323±8,9	378±9,3
ВВ	13	141±9,8	214±10,7	279±13,2	336±15,5	383±15,0
У середньому по стаду	42	139±4,1	204±5,8	270±6,4	331±7,6	380±8,2

Тобто, генотип тварин за капа-казеїном не впливав на ріст телиць. Це свідчить про те, що при створенні стад тварин з бажаним генотипом ВВ, показники росту ремонтних телиць не будуть погіршуватись.

Відтворювальна здатність є однією з фундаментальних основ молочного скотарства. Нами досліджено показники відтворної здатності у телиць та корів–первісток. Найменшим віком першого осіменіння відрізнялися тварини з генотипом АВ, а найвищим – з генотипом АА. Тварини з бажаним генотипом ВВ та гетерозиготним АВ мали середній вік першого осіменіння, який був меншим від середнього значення по стаду. При цьому жива маса у цих тварин була найменшою серед порівнюваних груп і нижчою ніж середні показники стада. Тенденції середніх показників віку першого отелення співпадали з показниками віку першого осіменіння. Тривалість сервіс–періоду в середньому по стаду складала 131 день. Відповідно тривалість міжотельного періоду та значення коефіцієнту відтворювальної здатності найменшими були у гомозиготних (АА) та гетерозиготних (АВ) тварин. При цьому статистично значуща різниця відсутня (табл. 3.51).

Таблиця 3.51

**Показники відтворювальної здатності телиць української бурої молочної породи різних генотипів за капа–казеїном**

Генотип	n	Показники					
		вік першого осіменіння, днів	жива маса при першому осіменінні, кг	вік першого отелення, днів	тривалість сервіс–періоду (I лактація), днів	тривалість між отельного періоду (I–II лактація), днів	індекс відтворної здатності
АА	12	610±36,3	384±8,7	894±35,2	109±13,5	397±13,9	1,09±0,038
АВ	17	569±19,5	368±6,5	852±19,1	126±17,1	411±17,1	1,13±0,047
ВВ	13	576±51,3	362±7,4	861±50,3	154±22,1	440±22,2	1,20±0,061
У середньому по стаду	42	583±20,1	371±4,36	867±19,7	131±19,7	417±10,9	1,14±0,090

Рівень надоїв за першу лактацію перевищував стандарт породи на 1948 кг. Середній вміст жиру відповідав стандарту породи, а вміст білка був нижчим на 0,15%. Дещо більшим надоєм відрізнялися гомозиготні ВВ первістки. За вмістом жиру та білка в молоці перевагу мали гомозиготні АА тварини. Гетерозиготні тварини мали середнє значення якісних показників молочної продуктивності. При цьому відмічаємо відсутність статистично значущої різниці (табл. 3.52).

Таблиця 3.52

**Молочна продуктивність первісток української бурої молочної породи залежно від генотипу за капа–казеїном**

Генотип	n	Показники				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
АА	12	5105±280,9	3,96±0,141	204±17,2	3,18±0,058	163±12,2
АВ	17	5159±263,4	3,82±0,179	196±22,1	3,15±0,069	159±16,8
ВВ	13	5173±282,7	3,69±0,167	190±19,2	3,11±0,085	167±13,9
У середньому по стаду	42	5148±155,8	3,83±0,092	201±10,7	3,15±0,039	164±7,9

За результатами третьої лактації середній надій по стаду перевищував стандарт породи на 1949 кг. За надоєм перевагу мали гомозиготні корови ВВ, за вмістом жиру – тварини з гетерозиготним генотипом АВ, білка – тварини з генотипом АА. При цьому статистично значуща різниця встановлена лише за величиною надою (табл. 3.53).

Таблиця 3.53

**Молочна продуктивність корів української бурої молочної породи за III  
лактацію залежно від генотипу за капа–казеїном**

Генотип	n	Показники				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
AA	6	5143±408,4	3,99±0,101	198±17,2	3,30±0,032	164±10,1
AB	11	6363±434,7*	4,01±0,166	229±22,0	3,23±0,125	186±20,4
BB	8	6608±380,9*	3,91±0,310	243±34,8	3,17±0,065	199±19,5
У середньому по стаду	25	6149±265,2	3,97±0,145	235±17,7	3,21±0,066	185±12,7

Примітка: \* P<0,05 (по відношенню до тварин з генотипом AA)

За результатами вищої лактації тварини з генотипом BB переважали показники худоби інших груп за надоєм, а різниця була статистично достовірною. За вмістом жиру перевагу мали гомозиготні AA тварини, а вмістом білка – гомозиготні BB. Отже, можна стверджувати, що при створенні стад корів з генотипом BB за капа-казеїном рівень молочної продуктивності не погіршиться (табл. 3.54).

Таблиця 3.54

**Молочна продуктивність корів української бурої молочної породи за  
результатами вищої лактації в залежності від генотипу за капа–казеїном**

Генотип	n	Показники				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
AA	12	5776±235,9	4,31±0,144	277±2,6	3,25±0,049	210±9,0
AB	17	6635±264,9*	4,07±0,093	281±13,9	3,23±0,025	223±10,9
BB	13	7007±298,4**	4,06±0,185	287±18,3	3,26±0,052	231±15,9
У середньому по стаду	42	6505±17,8	4,11±0,077	282±8,5	3,24±0,021	223±7,3

Примітка: \* P<0,05; \*\* P<0,01 (по відношенню до тварин з генотипом AA)



Таким чином, встановлено, що тварини української бурої молочної породи майже за всіма показниками молочної продуктивності відповідали стандарту. Між худобою різних генотипів за капа–казеїном встановлена різниця за окремими господарсько–корисними ознаками. Слід зазначити, що вона мала досить високу варіабельність залежно від періодів росту та певної оцінюваної ознаки, і в окремих випадках була статистично значущою. Зокрема згідно результатів третьої та вищої лактації за показниками надоїв встановлена статистично значуща різниця між ВВ, АВ та АА генотипами на користь двох перших. У цілому можна констатувати, що формування стад з генотипом ВВ за капа–казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько–корисні ознаки тварин і таким чином забезпечить збереження бажаних показників продуктивності худоби у стадах нового типу.

### 3.2.6. Особливості біохімічного складу молока корів української бурої молочної породи

Нами були проведені дослідження біохімічного складу молока корів української бурої молочної породи (табл. 3.55).

Таблиця 3.55

#### Показники якості молока за результатами першої лактації в залежності від генотипу за капа–казеїном

Генотип	n	Вміст, %					
		жир	казеїн	лактоза	суха речовина	СЗМЗ	білок
АА	11	3,75 ±0,105	2,59 ±0,087	5,08 ±0,080	12,38 ±0,145	8,62 ±0,101	2,85 ±0,081
АВ	8	3,78 ±0,179	2,60 ±0,079	5,07 ±0,078	12,42 ±0,221	8,64 ±0,118	2,86 ±0,075
ВВ	10	3,62 ±0,194	2,65 ±0,092	4,88 ±0,241	12,09 ±0,426	8,47 ±0,263	2,89 ±0,086
У середньому	29	3,73 ±0,090	2,61 ±0,047	5,03± 0,071	12,32 ±0,142	8,59 ±0,084	2,87 ±0,044

Середній вміст жиру в молоці становив  $3,73 \pm 0,090\%$ , білка –  $2,87 \pm 0,044\%$ . У молоці містилося  $12,32 \pm 0,142\%$  сухої речовини та  $8,59 \pm 0,084\%$  сухого знежиреного молочного залишку. Встановлено, що тварини з генотипом АА та АВ характеризувалися вмістом жиру в молоці вищим ніж середній у вибірці (різниця була недостовірною). При цьому вищий ніж середній у вибірці вміст білка та казеїну в молоці був у корів з генотипом ВВ. Різниця між вмістом сухої речовини та сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) у корів різних генотипів була недостовірною.

Вміст лактози в молоці тварин всіх генотипів відповідало нормі, хоча необхідно зазначити, що корови з генотипом ВВ поступалися коровам з генотипом АА та АВ.

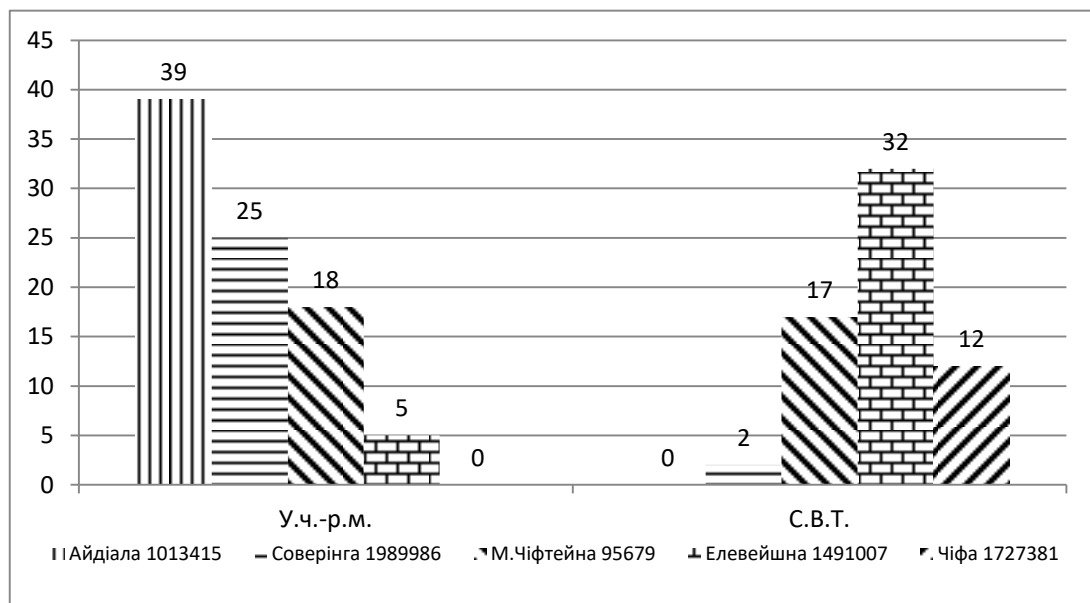
Між окремими складовими молока встановлено наявність кореляційних зв'язків. Зокрема доведено, що між вмістом жиру і лактози в молоці є позитивний достовірний зв'язок ( $0,47 \pm 0,21$ ). Також існує позитивна кореляція між вмістом жиру та сухої речовини ( $0,82 \pm 0,13$ ). Вміст казеїну в молоці позитивно корелював із величиною сухого знежиреного молочного залишку та білка, відповідно  $0,43 \pm 0,21$  та  $0,99 \pm 0,03$ . Вміст лактози в молоці достовірно корелював із вмістом сухої речовини ( $0,81 \pm 0,14$ ) та сухого знежиреного молочного залишку ( $0,85 \pm 0,12$ ). Між вмістом сухої речовини та СЗМЗ маємо позитивний зв'язок на рівні  $0,79 \pm 0,14$ , а СЗМЗ та білка  $0,55 \pm 0,20$ . Відповідно тварини з генотипом ВВ мали більш високий вміст білка, що сприяло підвищенню вмісту СЗМЗ та казеїну, що, на нашу думку, могло сприяти кращим технологічним якостям молока при виробництві сиру. Хоча останнє твердження потребує практичного підтвердження.

Таким чином, у результаті проведеної роботи встановлено, що тваринам української бурої молочної породи характерна частота алелей А– $0,550$ , В– $0,450$ . Найбільшою частотою характеризувався гетерозиготний генотип АВ (40%). Між тваринами різних генотипів є відмінності щодо біохімічного складу молока. Більш високим вмістом білка та казеїну в

молоці відрізнялися тварини з генотипом ВВ, при цьому за вмістом жиру в молоці корови з генотипами АА та АВ мали перевагу.

### 3.2.7. Особливості формування мікропопуляції худоби з унікальними продуктивними властивостями в стаді сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи

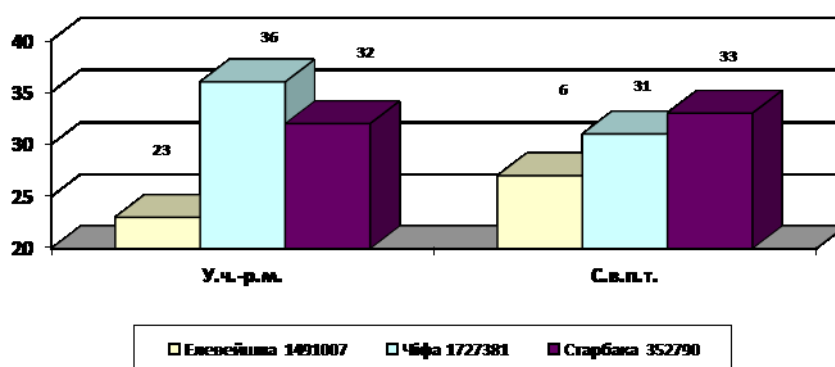
Популяція худоби Сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи почала своє формування з середини 80-х років ХХ століття з початком використання на маточному поголів'ї лебединської породи плідників голштинів ліній Соверінга 198998, Айдіала 1013415, М. Чіфтейна 95679, С. Т. Рокіта 252803, Астронавта 1458744. У період 1990–2000 років в українській чорно-рябій молочній породі (маточна основа – завезене чорно-рябе поголів'я) найбільш багаточисельними були лінії Айдіала 1013415, Соверінга 1989986, М. Чіфтейна 95679, а у популяції Сумського внутрішньопородного типу – Елевейшна 1491007, М. Чіфтейна 95679, Чіфа 1727381 (рис. 3.12).



**Рис. 3.12. Генеалогічна структура стада (найбільш поширені лінії) 1991–2000 рр., %**

(УЧРМ. – українська чорно-ряба молочна порода, СВТ – сумський внутрішньопородний тип)

Період з 2001 року характеризувався тим, що формування генеалогічної структури чорно-рябих стад у Сумському регіоні супроводжувалося використанням чистопородних бугаїв голштинської породи. Частка бугаїв української чорно-рябої молочної породи складала менше 10%. Це сприяло тому, що маточне поголів'я племінних стад належали головним чином до трьох голштинських ліній: Чіфа 1427381, Елевейшна 1491007 та Старбака 352790 (рис. 3.13).

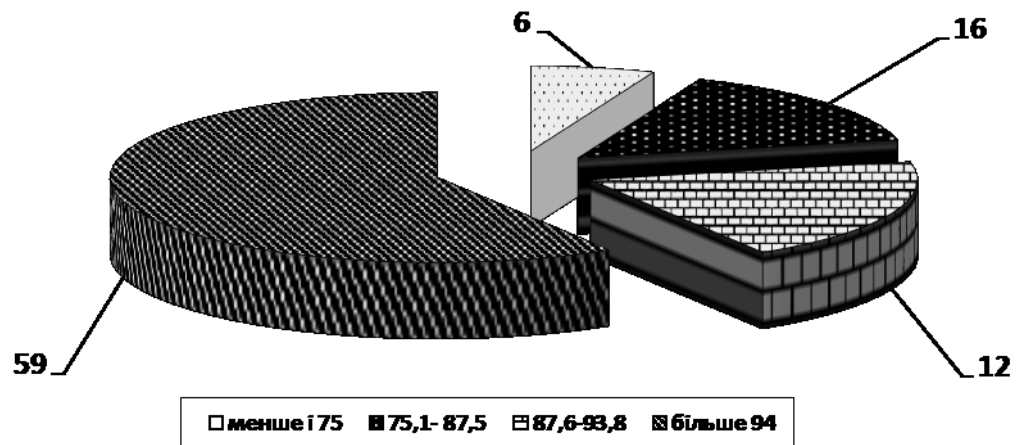


**Рис. 3.13. Генеалогічна структура стада (найбільш поширені лінії) 2011–2020 рр., %**

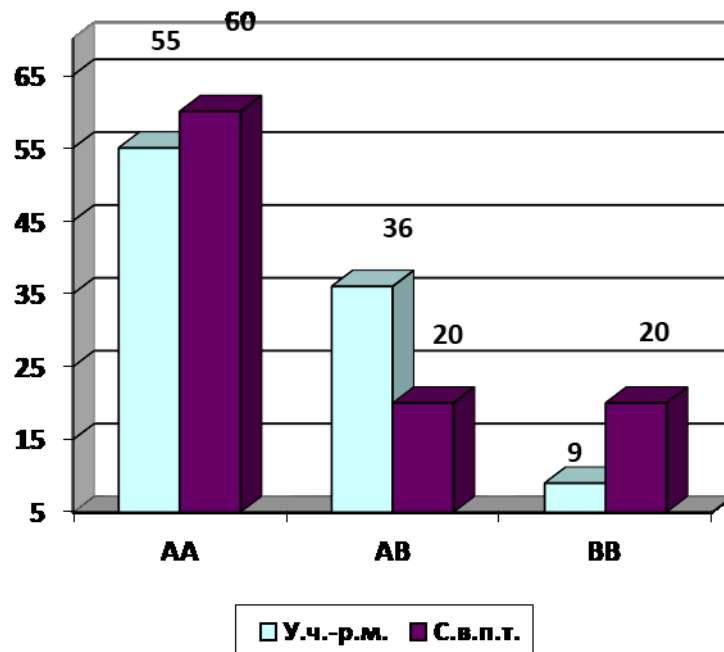
Примітка: (У. ч.–р. м. – українська чорно-ряба молочна порода, С. в. п. т. – сумський внутрішньопородний тип)

Також незначна кількість тварин належала до ліній Белла 1667366 та Валіанта 1650414. На початок 2021 року в господарстві більше 60% первісток української чорно-рябої молочної породи різного походження характеризувалися високою часткою умовної кровності за голштинською породою (рис. 3.14).

Тому ми можемо стверджувати, що саме голштинські бугаї мали істотний вплив на формування генотипу, а відповідно і продуктивних ознак корів. Дослідники [71, 157, 159], стверджують, що коровам голштинської породи характерна низька частота бажаного генотипу ВВ за капа–казеном. Наші результати повністю співпадають з даними інших науковців (рис.3.15).



*Рис. 3.14.* Структура корів–первісток в межах умовної кривності за голштинською породою (2020–2021 рр.)



*Рис. 3.15.* Частота генотипів корів різного походження за геном капа–казеїну, %

Примітка: (У. ч.–р. м. – українська чорно–ряба молочна порода, С. в. п. т. – сумський внутрішньо породний тип)

Нами встановлено, що частота за капа–казеїном варіює залежно від походження тварин. Так більшою частотою, як бажаного гомозиготного генотипу ВВ (20%), так і гомозиготного генотипу АА (60%) характеризувалися тварини сумського типу української чорно–рябої молочної породи. Більша частота гетерозиготного генотипу АВ (36%) була притаманна

худобі української чорно-рябої молочної породи. При цьому частота алелей була майже однаковою. Фактична гетерозиготність була дещо нижчою ніж очікувана, особливо у тварин сумського внутрішньо породний типу (табл. 3.56).

Нами також вивчалася частота генотипів за капа-казеїном у дочок різної батьківської належності, які вперше телилися у 2020-2021 роках. Згідно результатів досліджень між первістками встановлена різниця за частотою генотипів та алелей за капа-казеїном.

Таблиця 3.56

### Частота алелей та генотипів за локусом гена капа-казеїну

Порода, тип	Розподіл*	Генотипи, %			Алель, од		$\chi^2$
		AA	AB	BB	A	B	
Українська чорно-ряба молочна (n = 23)	Ф	55	36	9	0,73	0,27	0,076
	О	53	40	7			
Сумський внутрішньо породний тип (n = 40)	Ф	60	20	20	0,70	0,30	4,116
	О	49	42	9			

Примітка: \*Ф – фактичний розподіл генотипів, О – очікуваний розподіл генотипів

Більшою частотою гомозиготного бажаного генотипу ВВ характеризувалися дочки бугаїв Альтодегрі 64633889. Високі частоти гетерозиготних генотипів АВ мали дочки бугая Моріан 1402173979. Всі дочки бугаїв Детектив 349159846, Майголд 534651702 були гомозиготами АА. Найбільша частота алелю ВВ була характерна дочкам бугая Альтадегрі 64633889 (табл. 3.57).

Таким чином, за результатами проведеного дослідження встановлені особливості формування генеалогічної структури стада української чорно-рябої молочної породи, яке формувалося різними селекційними шляхами.

Генеалогічна структура на початку формування стада мала свої особливості і залежала від селекційних напрямків. Період останніх двадцяти років у регіоні характеризується тотальним використанням бугаїв голштинської породи на маточному поголів'ї української чорно-рябої

молочної породи, що пояснює генеалогічну структуру худоби, що складається у більшості з представниць ліній Чіфа 1427381, Елевейшна 1491007 та Старбака 352790. Наслідком цього є висока умовна кровність за голштинською породою у первісток.

Таблиця 3.57

**Частота алелей та генотипів за локусом гена капа–казеїну у первісток української чорно–рябої молочної породи різного походження**

Кличка та № батька	Лінія	Частота генотипів, %			Частота алелей, %	
		AA	AB	BB	A	B
Альтадегрі 64633889 (n = 17)	Чіфа 1727381	50,0	20,0	30,0	0,600	0,400
Детектив 349159846 (n = 7)	Старбака 352790	100,0	0,0	0,0	1,000	0,000
Майголд 534651702 (n = 6)	Старбака 352790	100,0	0,0	0,0	1,000	0,000
Масіро 354071654 (n = 14)	Елевейшна 1491007	42,8	42,8	14,4	0,640	0,360
Моріан 1402173979 (n = 9)	Елевейшна 1491007	33,3	66,7	0,0	0,660	0,340

За результатами генетичних досліджень встановлено, що у стаді української чорно-рябої молочної породи генотип худоби за капа-казеїном суттєво залежав від походження. Так, тваринам сумського типу української чорно-рябої молочної породи характерна більша частота гомозиготних генотипів – 80%, при цьому частота алелей у тварин різного походження майже однакова. Походження за батьком також мало суттєвий вплив на генотип тварин за даною ознакою.

### 3.2.8. Вплив генотипу за капа-казеїном на показники росту і молочну продуктивність худоби української чорно-рябої молочної породи

Нами проаналізовано вплив генотипу за капа-казеїном на динаміку живої маси телиць до 18-ти місячного віку. Встановлено, що достовірно значущий вплив даного фактора на показники живої маси в усі досліджувані періоди відсутній. В усі досліджувані періоди перевагу за живою масою мали тварини з гомозиготним генотипом АА. Вони переважали стандарт породи та середні показники по стаду починаючи з 9-ти місячного віку. Тварини з гомозиготним генотипом ВВ та гетерозиготним АВ поступаючись середнім показниками по стаду, з 12-ти місячного віку переважали стандарт породи. При цьому статистично значущої різниці за живою масою в різні вікові періоди між тваринами різних генотипів не встановлено (табл. 3.58).

Таблиця 3.58

#### Залежність живої маси телиць від генотипу за капа-казеїном

Генотип	n	Жива маса у віці, кг				
		6 міс.	9 міс.	12 міс	15 міс.	18 міс.
АА	14	164±4,9	245±2,8	319±7,6	393±8,5	446±5,6
АВ	7	146±8,9	224±9,5	302±12,3	372±12,3	429±10,7
ВВ	4	144±8,1	221±14,3	382±13,0	382±13,0	428±4,6
У середньому по стаду	25	156±4,2	235±6,0	385±6,3	385±6,3	439±4,6

Тобто, генотип за капа-казеїном не впливав на ріст телиць. Це свідчить про те, що при створенні стад тварин з бажаним генотипом ВВ, показники росту ремонтних телиць не будуть погіршуватись.

Відтворювальна здатність є однією з фундаментальних основ молочного скотарства. Нами досліджено показники відтворювальної здатності у телиць та корів-первісток. Найменшим віком першого осіменіння відрізнялися тварини з генотипом АА, а найбільшим – з генотипом ВВ.



Тварини з генотипом АА мали середній вік першого осіменіння, який був меншим ніж середнє значення по стаду. При цьому жива маса у цих тварин була більшою ніж середні показники по стаду. Тенденції середніх показників віку першого отелення співпадали з показниками віку першого осіменіння. Тривалість сервіс-періоду в середньому по стаду складала 130 днів. Найменшою вона була у тварин з гомозиготним генотипом ВВ, при чому різниця була статистично значущою. Відповідно тривалість міжотельного періоду та значення коефіцієнту відтворювальної здатності найменшими були у гомозиготних (ВВ) тварин. При цьому різниця була статистично значуща (табл. 3.59).

Слід враховувати, що за надоєм за першу лактацію тварини з бажаним генотипом (ВВ) поступалися тваринам інших генотипів та середньому значенню по стаду. Проте тварини всіх генотипів перевищували стандарт породи за надоєм. Гомозиготні (АА) тварини перевищували його на 2783 кг, гетерозиготні (АВ) – на 2872 кг, гомозиготні (ВВ) – на 2132 кг.

Таблиця 3.59

**Залежність показників відтворювальної здатності від генотипу за капа-казеїном**

Генотип	n	Показники						
		вік першого осіменіння, днів	жива маса при першому осіменінні, кг	вік першого отелення, днів	надій за I лактацію, кг	тривалість сервіс періоду (I лактація), днів	тривалість міжотельного періоду (I-II лактація), днів	коефіцієнт відтворювальної здатності
АА	14	435 ±24,1	395 ±5,2	713 ±23,6	6183 ±251,6	138 ±17,1	419 ±16,5	1,15 ±0,045
АВ	7	460 ±15,9	365 ±8,0 <sup>1</sup>	741 ±15,4	6272 ±276,5	139 ±13,9	419 ±15,7	1,15 ±0,043
ВВ	4	469 ±8,7	382 ±9,8	771 ±24,2 <sup>1</sup>	5532 ±283	94 ±9,1 <sup>1,2</sup>	361 ±18,9 <sup>1,2</sup>	0,99 ±0,032 <sup>1,2</sup>
У середньому по стаду	25	447 ±14,3	385 ±4,67	730 ±14,7	6104 ±169,7	130 ±10,6	409 ±11,2	1,12 ±0,031

Примітка: 1 – P<0,05; (по відношенню до тварин з генотипом АА), 2 – P<0,05; (по відношенню до тварин з генотипом АВ)

Загальновідомо, що генотип за капа-казеїном впливає на біохімічний склад молока та його технологічні властивості. Нами вивчений біохімічний

склад молока первісток. Встановлено, що тварини з бажаним гомозиготним генотипом (ВВ) мають більший вміст жиру та білка в молоці. За результатами наших досліджень, встановлено, що середній вміст жиру в молоці у тварин гомозиготних генотипів АА та ВВ був однаковий, їм незначно поступалися тварини з гетерозиготним генотипом АВ (табл. 3.60).

Таблиця 3.60

### Біохімічні показники молока залежно від генотипу за капа–казеїном

Генотип	n	Вміст, %					
		жиру	казеїну	лактози	сухої речовини	СЗМЗ	білка
АА	8	4,04±0,172	2,66±0,108	4,84±0,074	12,5±0,294	8,45±0,125	2,90±0,105
АВ	6	3,92±0,128	2,74±0,113	4,78±0,061	12,4±0,230	8,45±0,108	2,98±0,106
ВВ	3	4,04±0,210	2,96±0,065	4,72±0,115	12,6±0,400	8,59±0,185	3,17±0,070*
У середньому по стаду	17	3,99±0,097	2,73±0,070	4,80±0,045	12,5±0,169	8,47±0,075	2,96±0,067

Примітка: \* P<0,05; (по відношенню до тварин з генотипом АА)

За вмістом білка статистично достовірно переважали тварини з генотипом ВВ. При цьому слід відмітити, що за вмістом жиру в молоці тварини всіх генотипів відповідали стандарту породи, а за вмістом білка, до вимог стандарту можна прирівняти лише тварин з бажаним ВВ генотипом. Вміст казеїну був найбільшим у тварин цієї ж групи. Як за вмістом сухої речовини, так і сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) перевагу мали тварини з гомозиготним генотипом ВВ. За вмістом лактози перевагу мали тварини з генотипом АА.

Таким чином, у результаті досліджень встановлено, що тварини української чорно-рябої молочної породи майже за всіма показниками молочної продуктивності відповідали стандарту породи. Між тваринами

різних генотипів за капа-казеїном встановлена різниця за окремими господарсько-корисними ознаками. Слід зазначити, що в різні періоди та за різними ознаками вона сильно варіювала, а в окремих випадках була статистично значущою. Вищим середнім надоем за першу лактацією характеризувались гетерозиготні первістки, а кращі показники відтворювальної здатності мали гомозиготні (ВВ) тварини. За показниками росту та розвитку перевагу мали гомозиготні (АА) тварини.

Отже, можна констатувати, що формування стад з генотипом ВВ за капа-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько-корисні ознаки тварин і таким чином забезпечить збереження бажаних показників продуктивності худоби стад нового типу.

### **3.2.9. Визначення складу, технологічних властивостей молока, отриманого від корів різних порід, що відрізняються частотою генотипів за капа–казеїном**

Відповідно до пункту 3.2.1. тварини української бурої молочної та лебединської порід мали вищі частоти генотипу ВВ за капа-казеїном у порівнянні з тваринами симентальської породи. За нашими припущеннями молоко від тварин перших двох порід повинно бути більш придатним для виробництва сиру.

Результати досліджень показників якості молока, отриманого від корів різних порід, що відрізняються за частотою генотипів капа–казеїну наведені в табл. 3.61.

Корови бурих порід (які мають більшу частоту бажаного генотипу ВВ за капа-казеїном згідно даних попередніх досліджень) мають вищий вміст білка, казеїнових білків та кальцію. При цьому вони поступаються тваринам симентальської породи за вмістом сухої речовини та жиру.

**Хімічний склад та технологічні показники якості молока корів різних порід**

№	Найменування показника	Значення показника для корів породи		
		УБМ	ЛЕБ	СИМ
1	Масова частка сухих речовин,	12,25	12,57	12,52
2	Масова частка жиру,%	3,41	3,56	3,71
3	Масова частка СЗМЗ, %	8,84	9,01	8,81
4	Масова частка білка, %	3,15	3,39	3,1
	у т.ч.: казеїну	2,63	2,75	2,60
	сироваткових білків	0,52	0,64	0,50
5	Масова частка лактози,%	4,75	4,76	4,73
6	Масова частка золи,%	0,94	0,86	0,98
7	Масова частка кальцію, мг/100 г	137	132	130
8	Кислотність, °Т	18	18	18
9	рН	6,54	6,53	6,51
10	Густина, °А	29,1	30,3	30,0
11	Сичужно-бродильна проба, клас	2	2	2

Технологічні властивості молока – це властивості, які проявляє молоко при його переробленні. У практиці сировиробництва – це сиропридатність [14, 61, 67, 82]. Виробництво сиру завжди вважалося найскладнішим з усіх харчових виробництв. Перш за все, це пов'язано з тим, що зробити високоякісний сир з молока будь-якої якості складно, а часто і зовсім неможливо, тому до молока у сироварінні висувають особливі, підвищені вимоги. Для того, щоб виробити сир з необхідними органолептичними, фізико-хімічними та гігієнічними показниками і з

найменшими виробничими втратами, потрібно молоко з певним складом і властивостями [186, 194].

Вимоги до молока як сировини для сироваріння визначені чинними нормативними документами. Є також нерегламентовані, але рекомендовані значення показників якості молока, призначеного для виробництва сиру (масова частка білка, казеїну, кальцію, швидкість сичужного згортання і т.д.) [197].

Сиропридатність молока визначають оптимальним співвідношенням: жир/білок – 1,06-1,24; жир/СЗМЗ – 0,40-0,45 і білок/СЗМЗ – 0,36-0,44. Молоко–сировина для сироваріння має відповідати показникам безпеки згідно з ДСТУ 3662:2015 «Молоко–сировина коров'яче. Технічні умови». У молоці двох груп корів бурих порід співвідношення жир/білок приблизно однакове і становить, відповідно, 1,06, а сименталів – 1,22, що свідчить про відповідність вимогам сироваріння.

Важливим для сироваріння показником, який характеризує здатність молока зсідатися під дією молокозсідального фермента і свідчить про кількість мікрофлори яка здатна утворювати газ (зокрема, про кількість БГКП), є сичужно–бродильна проба.

У ході роботи були вивчені технологічні властивості молока, відібраного для виробництва сиру голландський. Сир голландський є типовим представником твердих сирів. Виробляють його з пастеризованого молока, нормалізованого за жиром з урахуванням білка. У навчально–виробничій лабораторії СНАУ виготовляли сир і досліджували технологічні властивості молока у ході технологічного процесу. Сир виробляли у відповідності до технологічної інструкції з виробництва сиру голландського круглого.

За літературними даними, молоко за сиропридатністю ділять на три типи [197]. Перший – молоко, тривалість згортання якого під дією молокозсідального ферменту становить до 16 хвилин. Для молока другого типу тривалість згортання – від 16 до 40 хвилин. Молоко третього типу

згортається понад 40 хвилин (сичужно-в'яле молоко) або може зовсім не згортатися молокозсідальним ферментом. Для сироваріння найкращим вважається молоко другого типу. Тривалість згортання молока визначали при однакових умовах під дією молокозсідального ферменту (норма внесення 1 г на 100 дм<sup>3</sup>, температура згортання – 32°C).

Молоко отримане від корів першої групи, згорталося 33,5 хвилин, другої групи – 35,3 хвилин і третьої групи – 40,0 хвилин (табл. 4). Тому можна вважати, що молоко, отримане від обох груп тварин бурих порід (з вищою частотою бажаного генотипу ВВ за капа–казеїном), придатне для виготовлення сиру і відноситься до другого типу за сиропридатністю, а молоко третьої групи (з меншою частотою бажаного генотипу ВВ за капа–казеїном) виявилось сичужно–в'ялим.

Технологічні властивості молока аналізували у ході технологічного процесу виробництва сиру голландського (табл. 3.62).

При виробництві сиру утворення казеїнового згустку під дією молокозсідального ферменту в молоці корів бурих порід відбувалося за 33,5-34,25 хв., що швидше в порівнянні з молоком корів симентальської породи на приблизно 6-7 хв. При цьому тривалість фази коагуляції, коли казеїн об'єднується з кальцієм, фосфором і іншими компонентами молока, була більшою у корів симентальської породи.

Фаза гелеутворення – початок випадання казеїнового комплексу в осад у вигляді пластівців і утворення згустку [94], була коротшою при виробництві сиру з молока корів бурих порід.

Слід зазначити, що щільність сичужного згустку у всіх групах відповідала вимогам технологічної інструкції з виробництва сиру.

Що стосується оброблення згустку, яке включає його розрізання, становлення зерна та вимішування, то у корів лебединської та української бурої молочної порід цей процес був менш тривалим ніж у сименталів і складав: 1 група – 48 хв., 2 група – 46 хв., 3 група – 50 хв., що відповідає вимогам сировиробництва щодо тривалості згортання сиропридатного

молока молокозсідаьним ферментом. Відхід сухих речовин у сироватку (при обробленні згустку) з молока корів усіх трьох порід був майже однаковим за часом.

Таблиця 3.62

**Технологічні властивості молока у процесі виробництва сиру**

№	Найменування показника	Значення показника для корів породи		
		УБМ	ЛЕБ	СИМ
1	Тривалість згортання молокозсідаьним ферментом, хв.	33,5	34,25	40,0
	у т.ч. фаза коагуляції, хв.	28,7	28,25	31,8
2	Фаза гелеутворення, хв	4,8	5,0	5,2
3	Тривалість оброблення згустку, хв.	48	46	50
4	Щільність сичужного згустку г/см <sup>3</sup>	3,10	3,05	3,08
5	Відхід сухих речовин у сироватку, %	47,2	47,0	47,4
6	Масова частка жиру у сироватці, %	0,32	0,31	0,35
7	Норма витрат молока на 1 кг зрілого сиру, кг	9,86	9,9	10,0

При виробництві сиру одним з важливих показників є маса молока, витраченого на виготовлення 1 кг продукту [61, 82]. Якщо проаналізувати норми витрат сировини на 1 кг сиру, то очевидним є менші витрати молока від корів бурих порід.

### 3.2.10. Визначення хімічного складу та біологічної цінності сиру твердого голландського

Результати досліджень хімічного складу, кислотності та показника зрілості отриманих сирів представлені у табл. 3.63. У цілому масова частка сухих речовин, білка та жиру в усіх зразках досліджених сирів була на нормованому для сиру голландського рівні. Найбільшою масовою часткою сухих речовин характеризувався сир, отриманий від корів української бурої молочної породи – 58,2%. Найбільша масова частка жиру (абсолютна) встановлена у тварин лебединської породи - 29,2%. Масова частка жиру у сухій речовині корів усіх порід коливалась у межах 49,7-49,8%.

Таблиця 3.63

#### Хімічний склад, кислотність та показники зрілості зразків сиру голландського

№ з/п	Найменування показника	Значення показника для корів породи		
		УБМ	ЛЕБ	СИМ
1	Масова частка сухих речовин, %	58,2	58,4	56,0
2	Масова частка жиру (абсолютна), %	29,1	29,2	28,0
3	Масова частка білка, %	24,3	24,2	23,4
4	Масова частка жиру у сухій речовині, %	49,7	49,8	49,7
5	Вміст кальцію мг/100 г	1321	1320	1324
6	Ступінь зрілості за Шиловичем, °Ш	190	192	190
7	pH	5,55	5,50	5,55

Для сировиробництва важлива масова частка кальцію і фосфору в молоці [122]. У молоці казеїн з кальцієвими солями утворюють казеїнаткальцій-фосфатний комплекс, який знаходиться у вигляді міцел різного діаметру. Під дією молокозсідального ферменту капа-казеїн молока втрачає свої стабілізуючі властивості і коагулює з утворенням казеїнового згустку [134].



Найвищий вміст кальцію встановлений у тварин симентальської породи – 1324 мг/100 г. Визначення ступеню зрілості сиру за Шиловичем [189] показало, що найбільшим ступенем зрілості характеризувався сир, отриманий з молока корів лебединської породи. За показником рН всі зразки сиру відповідали нормативним значенням для сиру голандського [134], показник рН був на рівні 5,50 - 5,55.

Визрівання сиру – дуже складний процес. При цьому формуються важливі органолептичні властивості сиру, його смак, запах, консистенція тіста та рисунок. При визріванні сиру головна роль належить білкам, точніше, фракціям казеїну, оскільки забезпечують саму можливість отримання продукту і є головними компонентом сиру, які формують властивості, притаманні цьому виду продукту. У визріванні голландського сиру бере участь мікрофлора закваски та залишкова мікрофлора [13]. Визрівання сиру проводили при температурі 10–12 °С, та вологості 85–90%, на протязі 60 діб.

У табл. 3.64 наведено вміст фракцій азоту у голландському сирі, термін визрівання якого складав 60 діб.

Однією з типових реакцій у сирі при визріванні є ферментація білків, під час якої утворюються численні азотисті сполуки. Процеси розпаду та подальше перетворення продуктів ферментативного гідролізу дуже складні, бо існує багато шляхів дроблення білкової молекули, що знаходиться в залежності від складу бактеріальних ферментів.

Крім того первинні продукти ферментації не залишаються незмінними, оскільки стають субстанцією для подальших реакцій і служать вихідними речовинами для синтезу нових сполук [13].

У сирах, отриманих від корів всіх трьох порід, процес протеолізу відбувався менш рівномірно і активізувався у другому періоді визрівання, про що говорить накопичення низькомолекулярних азотистих фракцій. Одним із видів цих сполук в сирі є вільні амінокислоти.

**Вміст фракцій азоту у зразках сиру голландського, вироблених із молока**

№	Найменування показника	Значення показника для корів породи		
		УБМ	ЛЕБ	СИМ
1	Термін визрівання сиру, діб	30	30	30
2	Загальний розчинний азот, %	29,1	29,2	28,0
3	Небілковий розчинний азот, %	18,0	17,5	16,2
4	Амінний азот, % до загального азоту	9,4	9,2	8,8
5	Сумарна кількість вільних амінокислот, г/100г	13,83	13,89	13,59
6	Незамінні амінокислоти, г/100г	10,2	9,99	10,14

З метою характеристики біологічної цінності сирів визначали кількість незамінних амінокислот. Результати дослідження кількісного складу амінокислот наведені у табл. 3.65.

Встановлено, що в цілому найбільшим вмістом незамінних амінокислот характеризувався зрілий голландський сир, отриманий від корів української бурої молочної породи і містив найбільшу кількість амінокислот валіну, ізолейцину, лізину, триптофану, фенілаланіну. Найбільша кількість аргініну та треоніну була встановлена у сирі, отриманому від корів лебединської породи. Сир, отриманий від сименталів, містив найбільше лейцину та метіоніну.

**Кількісний склад амінокислот у зрілому голландському сири, г/100г**

№	Найменування амінокислоти	Значення показника для корів породи		
		УБМ	ЛЕБ	СИМ
1	Аргінін	0,80	0,82	0,81
2	Валін	1,53	1,50	1,51
3	Гістидин	0,8	0,8	0,79
4	Ізолейцин	1,16	1,11	1,11
5	Лейцин	1,6	1,55	1,69
6	Лізін	1,62	1,59	1,6
7	Метіонін	0,58	0,57	0,59
8	Треонін	0,78	0,79	0,77
9	Триптофан	0,29	0,26	0,25
10	Фенілаланін	1,04	1,0	1,02
	Всього	10,2	9,99	10,14

Примітка: УБМ – українська бура молочна; ЛЕБ – лебединська; СИМ- сিমентальська

Органолептичну оцінку якості сиру після визрівання протягом 60 діб проводили за бальною оцінкою шляхом виведення підсумкової оцінки всіх показників [95], наведено в табл. 3.66. Максимальна оцінка –100 балів. Згідно результатів дегустації найбільшу кількість балів отримав сир, вироблений із молока корів лебединської породи.

Проведені дослідження свідчать, що для виробництва високоякісних твердих сирів з високою біологічною цінністю та засвоюваністю доцільно використовувати молоко, отримане від корів бурих порід.

Таким чином, показники сиропридатності дозволяють стверджувати, що молоко, яке отримане від української бурої молочної і лебединської порід корів, може бути використано для виробництва сиру за скороченим технологічним процесом. Внаслідок цього можуть бути скорочені енергетичні витрати на виробництво, та зменшиться собівартість сиру [32, 38].

**Порівняльна оцінка якості сиру голландського, виробленого з молока  
корів різних порід**

№	Найменування показника	Значення показника для корів породи			Оцінка за НД
		УБМ	ЛЕБ	СИМ	
1	Зовнішній вигляд	8	9	7	10
2	Смак і запах	35	32	25	45
3	Консистенція	18	22	18	25
4	Рисунок	5	8	5	10
5	Колір	3	4	5	5
6	Пакування та маркування	5	5	5	5
	<b>Загальна сума балів</b>	<b>74</b>	<b>80</b>	<b>65</b>	<b>100</b>

Примітка: УБМ – українська бура молочна; ЛЕБ – лебединська; СИМ- симертальська

За результатами підрозділу опубліковано 15 наукових праць [24, 25, 27, 31, 32, 35, 40,38, 46, 57, 58, 139, 140, 142, 192].

### **3.3. Вивчення частоти комплексних генотипів за бета-та капа-казеїном у популяціях великої рогатої худоби України**

Вивчення частоти комплексних генотипів порід великої рогатої худоби за бета- та капа-казеїном у працях значного числа закордонних вчених відбувається в аспекті визначення їхнього поширення і диференціації в межах порід та інших генеалогічних груп та впливу їхніх варіантів поєднань на продуктивні якості тварин [101, 102, 183, 195].

Дослідження з визначення частки комплексних генотипів за бета – та капа–казеїном засвідчили, що у тварин лебединської породи найчастіше зустрічалися три генотипи: A1A2/AB (23%), A2A2/AB (26%), A2A2BB (17%). У корів української бурої молочної породи частіше всього спостерігалися

чотири генотипи: A1A2/AA (20%), A1A2/AB (21%), A2A2/BB (31%), A2A2/AB (16%). Симентальській породі в більшості випадків були характерні три комплексні генотипи: A2A2/AA (22%), A1A2/AB (21%), A2A2/AB (19%). У корів української чорно-рябої молочної породи найчастіше зустрічалися три комплексні генотипи: A1A2/AA (27%), A2A2/AA (23%) та A1A1/AB (23%) (табл. 3.67).

Таблиця 3.67

**Розподіл частот досліджуваних комбінацій генотипів молочного білка CSN2 та CSN3**

Порода	CSN3	Частоти комплексних генотипів, %		
		CSN2		
		A1A1	A1A2	A2A2
Лебединська	AA	5,1	5,1	10,2
Українська бура молочна		4,1	20,4	4,1
Симентальська		7,3	14,6	22,0
Українська чорно-ряба молочна		7,7	26,9	23,1
Лебединська	AB	3,1	22,4	25,5
Українська бура молочна		4,1	20,4	16,3
Симентальська		0	26,8	19,5
Українська чорно-ряба молочна		23,1	0	3,8
Лебединська	BB	4,0	7,2	17,4
Українська бура молочна		0	0	30,6
Симентальська		0	9,8	0
Українська чорно-ряба молочна		7,7	7,7	0

У тварин української бруї молочної породи не зустрічалися комплексні генотипи A1A1/BB та A1A2/BB, симентальської породи – A1A1/AB, A1A1/BB та A2A2/BB, української чорно-рябої молочної породи – A1A2/AB та A2A2/BB. Поєднання двох бажаних генотипів бета-казеїну A2A2 та капа-казеїну BB зустрічається лише у тварин української бруї молочної та лебединської порід.

Нами досліджена залежність між якісними показниками молока корів та комплексними генотипами за бета- та капа-казеїном. Статистично значущої різниці між тваринами різних комплексних генотипів за вмістом складових молока не встановлено. Проте кращим вмістом жиру в молоці характеризувалися тварини з комплексним генотипом A1A2/AA та A1A2/AB,

кращим вмістом білка та казеїну – А2А2/ВВ та А1А2/АА. Більший вміст сухої речовини характерне тваринам з генотипом А1А2/АА (табл. 3.68).

Таблиця 3.68

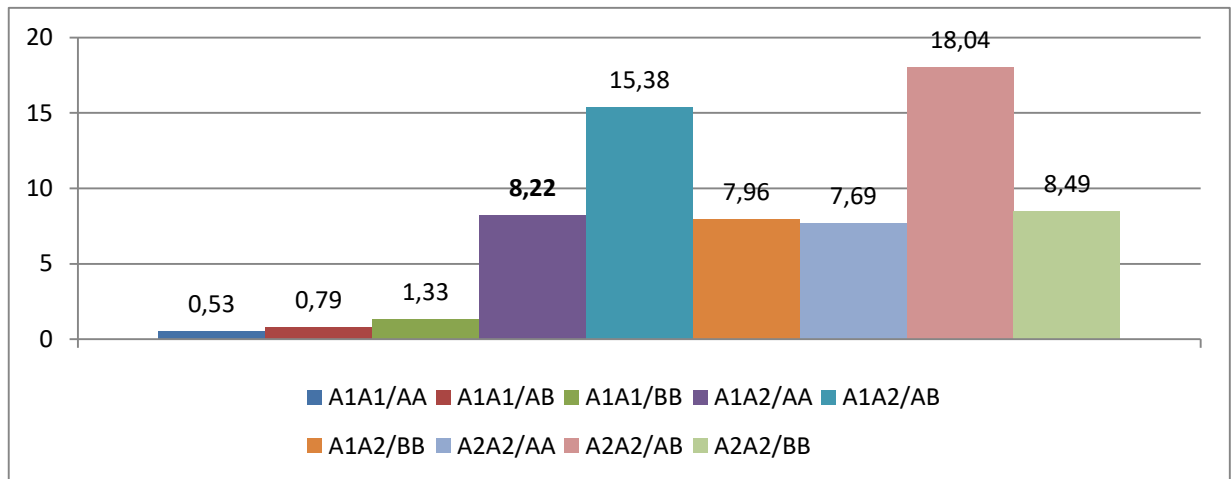
**Зв'язок між комплексним генотипом за бета- та капа-казеїном і біохімічним складом молока у корів української бурої молочної породи (найбільш поширені генотипи)**

Генотип CSN2/ CSN3 (по 5 голів)	Вміст, %					
	жиру	білка	казеїну	лактози	сухого знежиреного молочного залишку	сухої речовини
А1А2/АА	3,71±0,126	2,86±0,087	2,6±0,096	5,13±0,102	8,68±0,089	12,41±0,106
А1А2/АВ	3,70±0,255	2,77±0,049	2,51±0,047	4,99±0,108	8,45±0,145	12,15±0,236
А2А2/ВВ	3,62±0,194	2,89±0,086	2,65±0,092	4,88±0,241	8,47±0,263	12,09±0,426

Проте це є попередні результати, які потребують збільшення кількості піддослідних тварин.

На формування генотипу тварини однаково впливають генотипи батька та матері. Тому з метою вивчення можливості підвищення частоти бажаних генотипів нами проаналізовано каталог допущених до використання в Україні плідників щодо оцінки їх за генотипами бета- та капа- казеїну.

Встановлено, що серед бугаїв голштинської породи, які широко використовуються на маточному поголів'ї української чорно-рябої молочної породи, лише 43% були оцінені за поліморфізмом генів бета- та капа-казеїнів. У результаті наших досліджень виявлено 16 комбінацій таких генотипів. Більшість із плідників мали комплексний генотип А2А2/АВ (рис. 3.16).

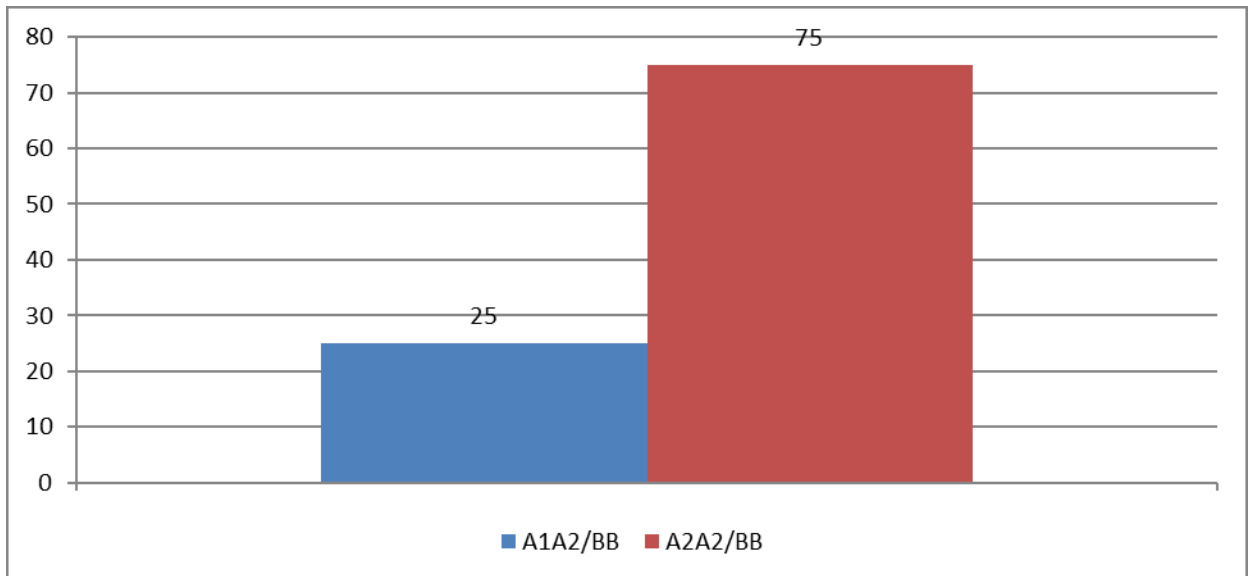


\*

**Рис. 3.16. Частота комплексних генотипів за бета– та капа–казеїном у бугаїв–плідників голштинської породи (включені генотипи з алелями A1, A2 CSN2 та A, B CSN3)**

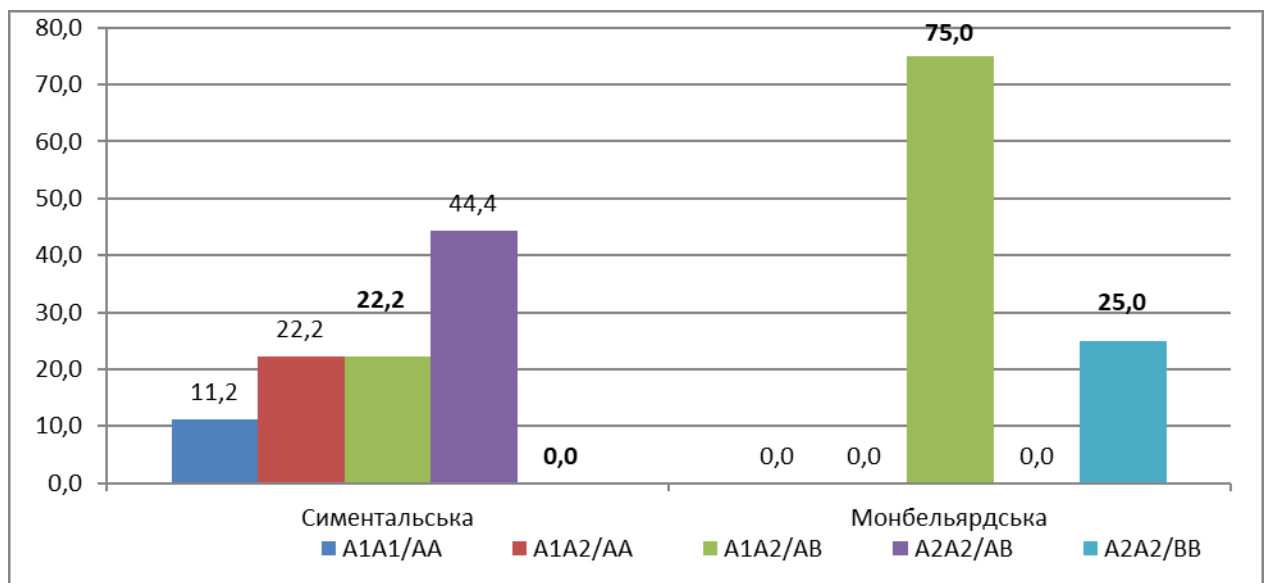
Частка бугаїв-плідників бажаного комплексного генотипу A2A2/BB складала лише 8,49%. Загальна частота бугаїв з генотипом A2A2 за бета-казеїном склала 34,22%, при цьому їх варіанти за генотипом капа-казеїну були різні (AA, AB, BB). За генотипом капа-казеїну BB частота бугаїв склала 17,78%, при різних варіантах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

Серед плідників швіцької породи, яка широко використовується на маточному поголів'ї лебединської та української бурої молочної породи, виявлені лише два варіанти комплексних генотипів. Бажані комплексні генотипи мали 75% оцінених бугаїв швіцької породи. Слід зазначити, що всі бугаї швіцької породи мали бажаний генотип BB за капа–казеїном (рис. 3.17).



**Рис. 3.17. Частота комплексних генотипів за бета- та капа-казеїном у бугаїв-плідників швіцької породи**

Серед бугаїв-плідників симентальської породи не виявлено тварин з бажаним комплексним генотипом A2A2/BB, у монбельярдської такі тварини складають 25% (рис.3.19).



**Рис. 3.18. 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. Тварини з бажаним генотипом за капа-казеїном ВВ виявлені лише у бугаїв монбельярдської породи.

У період з 2017 по 2019 роки науковцями Сумського НАУ проводилось виконання наукового проекту «Обґрунтування методології удосконалення і збереження популяції бурої худоби в умовах північно-східного регіону України». Результатом виконання проекту стало розроблення і практична реалізація принципово нова схема відтворення генеалогічної структури стад локальних (аборигенних) бурих порід, а саме робота методом популяції реципрокного схрещування. Вихідними породами при створенні лебединської породи були сіра українська та різні відріддя швіцької породи. Тому використання бугаїв-плідників даних відрідь дозволить розширити генеалогічну структуру лебединської породи та уникнути небажаного інбридингу в подальшій роботі з бугаями-плідниками, сперма яких зберігається. У 2019 році в господарства області була завезена сперма трьох плідників оригінальної бурої німецької породи (Джулекс DE 814660509, Урано СН 110027139002, Німрод DE 814720783). Очікуваним результатом використання цих плідників було: збереження лебединської породи в мікропопуляціях; формування молочних стад з генотипом тварин за бета-казеїном А2А2. Для реалізації першого результату в трьох господарствах області були відібрані корови лебединської та української бурої молочної породи, які за походженням та типом відповідали породним вимогам. Відповідно до плану парування та розробленої схеми були отримані бугайці (23 гол.). Більшість з них були оцінені за показниками росту та розвитку, особливостями генотипу і за результатами вирощування були реалізовані до ТОВ «Українська генетична компанія» м. Житомир (4 гол.). Також нами досліджена сперма плідників великої рогатої худоби лебединської породи, що зберігається в генофондному банку (12 гол.) (табл. 3.69).

Серед отриманих бугайців більшість складала тварини з комплексними генотипами A1A2/AB, A2A2/AB, A2A2/BB, для розведення залишили бугайців двох генотипів – A2A2/BB, A2A2/AB.

Таблиця 3.69

**Характеристика частоти комплексного генотипу для збереження  
бурої худоби**

Група	CSN3	Частоти комплексних генотипів, %		
		CSN2		
		A1A1	A1A2	A2A2
Бугайці що народились	AA	–	13	17
Бугайці відібрані до відтворення		–	–	–
Сперма в спермобанку		8	43	
Бугайці що народились	AB	–	26	22
Бугайці відібрані до відтворення		–	–	50
Сперма в спермобанку		17	8	8
Бугайці що народились	BB	–	4	18
Бугайці відібрані до відтворення		–	–	50
Сперма в спермобанку		–	8	8

У більшості плідників лебединської породи, сперма яких зберігається в спермобанку був комплексний генотип A1A2/AA та A1A1/AB. Лише у одного плідника був бажаний генотип A2A2/BB.

Отримані нами результати не в повній мірі збігаються з даними інших дослідників. Так, у тварин української чорно-рябої молочної породи, у створенні та вдосконаленні якої брала участь голштинська порода, частота генотипу A1A2/AA складала 27%, A2A2/AA – 23%, а A1A2/AB не зустрічався в загалі, тоді як за дослідженнями науковців встановлено, що тваринам голштинської породи характерна більша частота комплексному генотипу A1A2/AA – 36,4%. Генотипи A1A2/AB та A2A2/AA зустрічалися відповідно 14,9 та 17,5 % [159]. За іншими дослідженнями, у тварин голштинської породи найпоширеніші генотипи були A2A2/AA та A1A2/AA, із частотою 27,4 та 23,1% відповідно. Частота решти 31 генотипів становила менше 8%, у тому числі 20 генотипів із відсотком менше 1% [193].

Згідно результатів пошукувань, наведених колективом авторів Nina A. Poulsen, Maria Glantz, Anette K. Rosengaard, Marie Paulsson and Lotte B. Larsen тварини симентальської породи характеризувались більшою часткою комплексного генотипу A2A2/AB [173]. За результатами наших досліджень перевагу мав генотип A1A2/AB (27%), а генотип A2A2/AB зустрічався з частотою 19%.

Результати подібних досліджень з швіцькою породою у відкритих джерелах відсутні.

Таким чином, у результаті проведеної роботи встановлені частоти алелей та генотипів за локусами бета- та капа-казеїну, комплексного генотипу у худоби молочних порід північного сходу України. Встановлено, що породи молочної худоби, що розводяться на цій території України суттєво відрізняються між собою за даними ознаками.

На даному етапі селекції формування стад (мікропопуляцій) за комплексним генотипом A2A2BB можливо лише серед бурих порід. У подальшому, виключно на замовлення переробних підприємств (ринку), достатньо швидко, через два-три покоління, реально вивести стада симентальської породи з заданими генетичними параметрами.

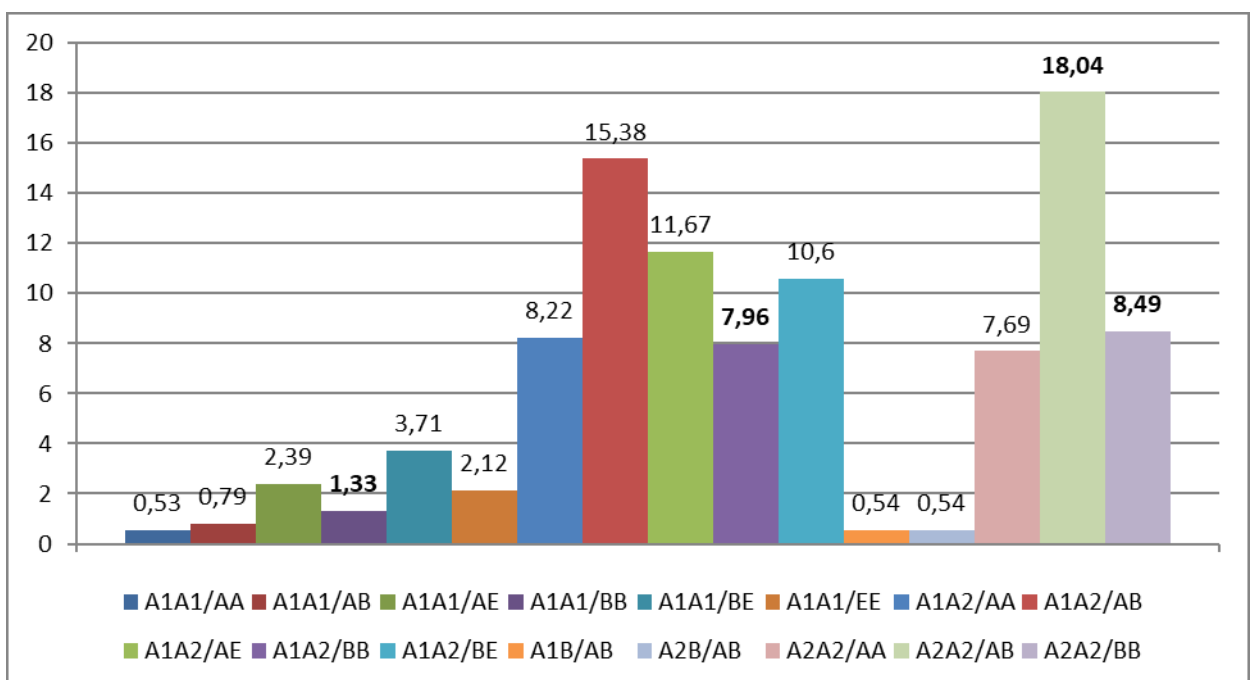
Серед чорно-рябих популяцій названі генетичні поєднання можуть з'явитись лише через спеціальні селекційні програми, де першочерговим завданням буде виведення бугаїв генотипу A2A2/BB, що вимагатиме набагато більше часу для збільшення частоти серед маточного поголів'я.

### **3.3.1. Аналіз бугаїв–плідників молочних порід, допущених до використання у 2020 році, за комплексними генотипами бета- і капа-казеїну**

Вивчення результатів 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-казеїну. У результаті

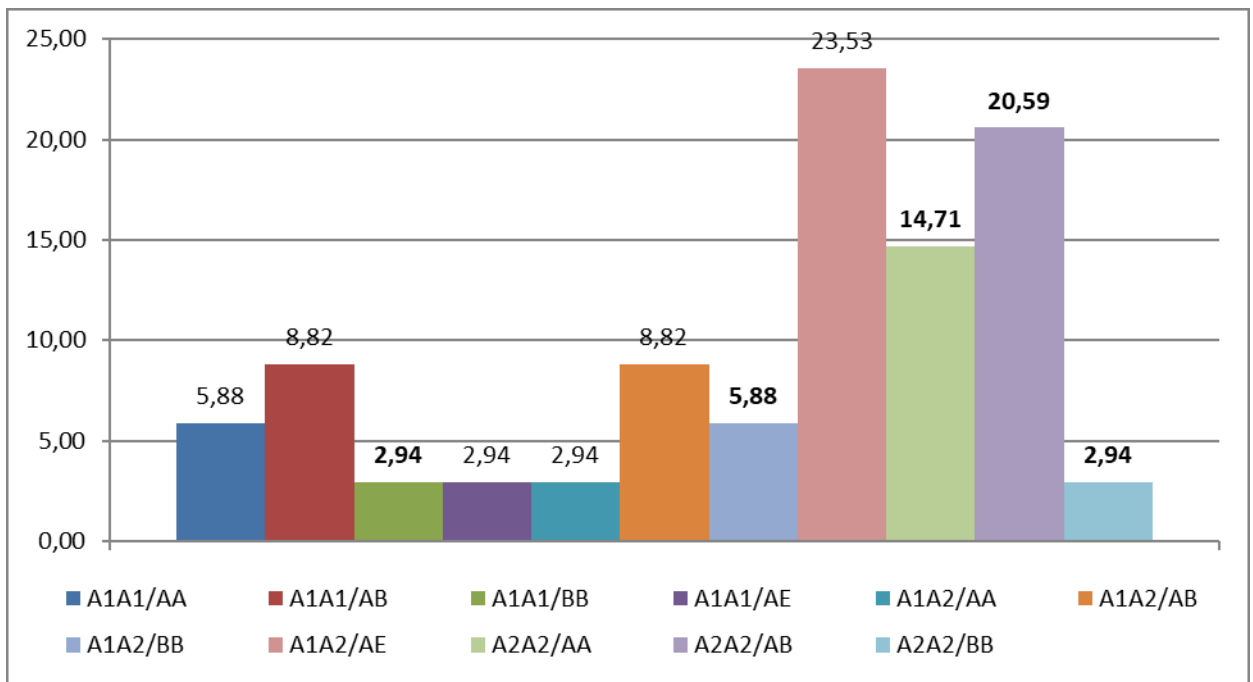
наших досліджень виявлено 16 комбінацій таких генотипів. Більшість з плідників мали комплексний генотип A2A2/AB (рис.3.20).

Частка бугаївплідників 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).



**Рис. 3.19. Частота комплексних генотипів за бета- та капа-казеїном у бугаїв-плідників голштинської породи**

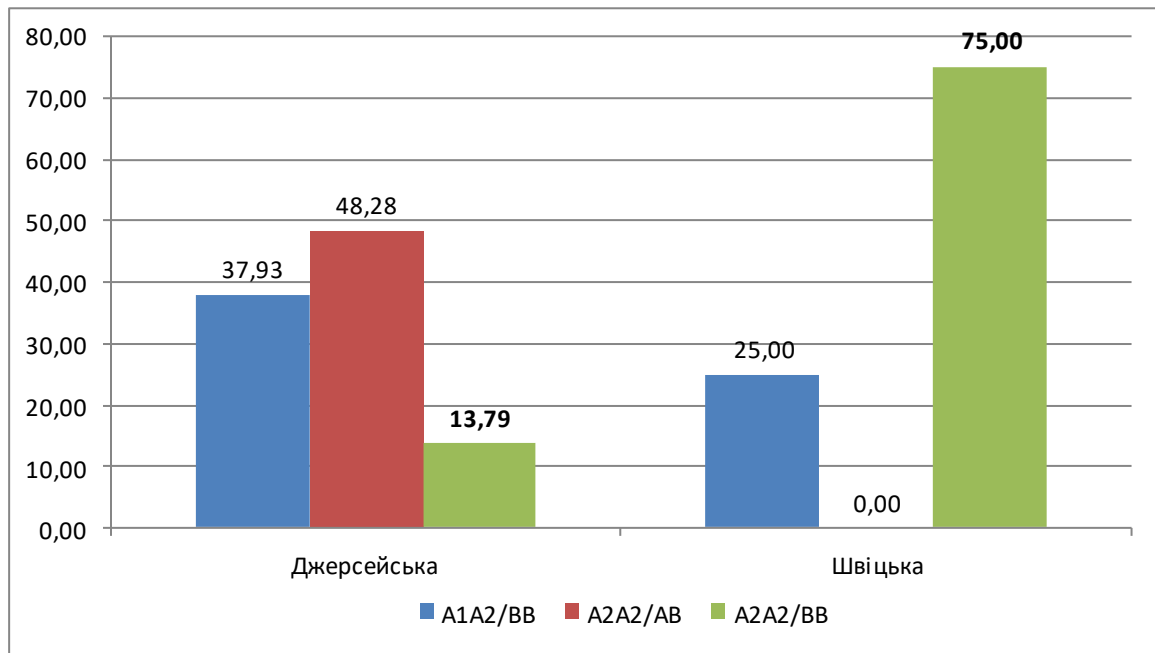
Серед бугаїв голштинської породи червоно-рябої масті виявлено менше варіантів комбінацій генотипів за бета- та капа-казеїнами. Частка тварин з бажаним комплексним генотипом A2A2/BB складала лише 2,94% (рис.3.21).



**Рис. 3.20. Частота комплексних генотипів за бета- та капа-казеїном у бугаїв–плідників голштинської породи (червоно-рябі)**

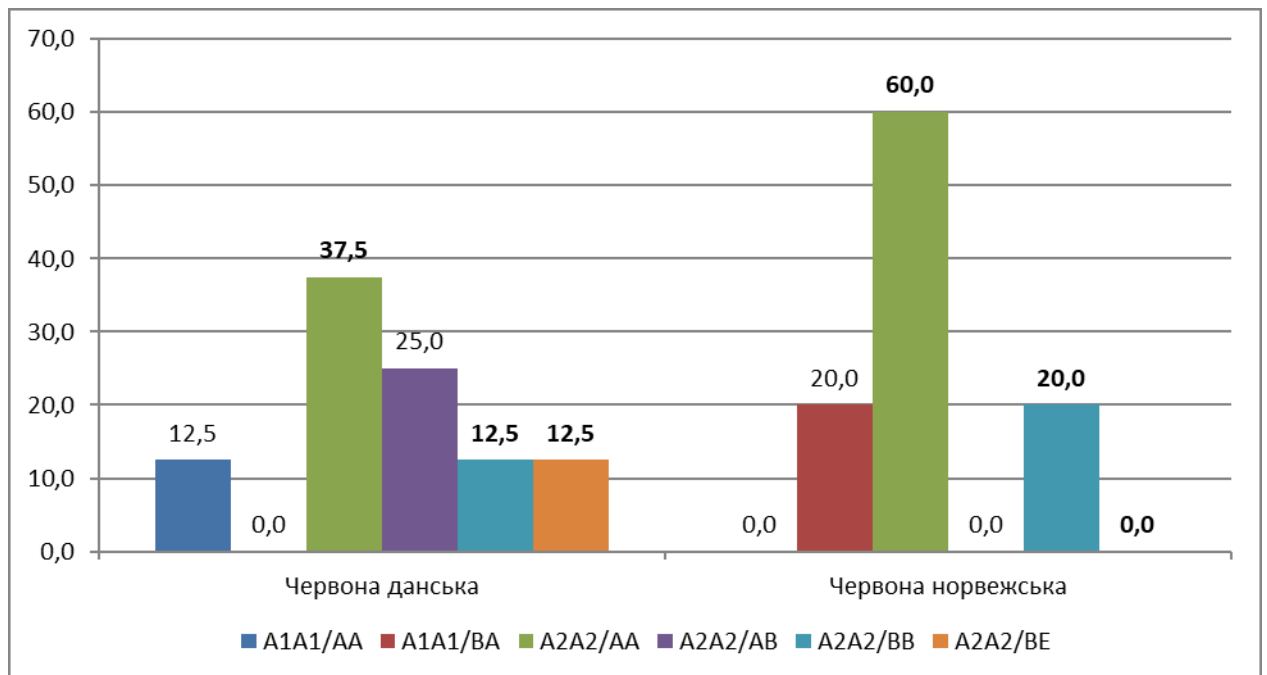
Серед тварин, які оцінені за генотипами обох досліджуваних казеїнів, загальна частка тварин з бажаним генотипом за бета–казеїном A2A2 складає 38,24% (при різних варіантах капа–казеїну AA, AB, BB). За капа–казеїном загальна частка бугаїв з бажаним генотипом BB склала 11,76%.

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 A2A2BB за капа–казеїном (рис.3.22).



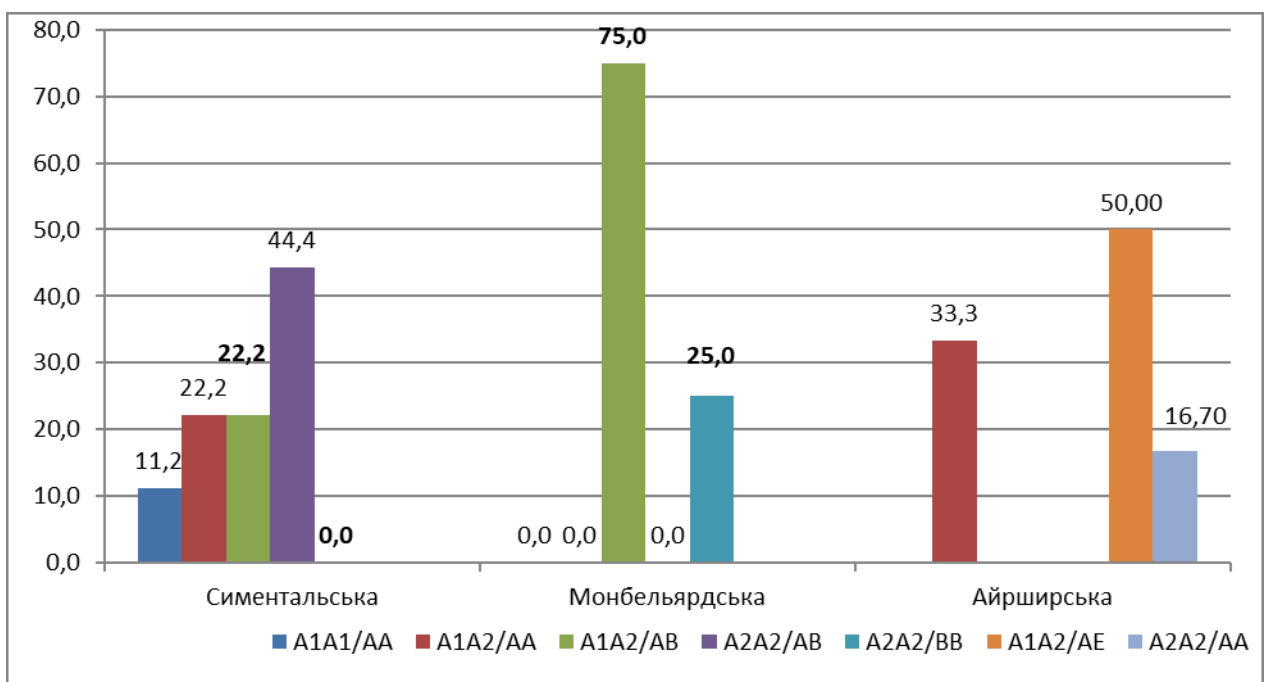
*Рис. 3.21. Частота комплексних генотипів за бета– та капа–казеїном у бугаїв–плідників джерсейської та швіцької порід*

Серед бугаїв червоних данської та норвежської порід оцінених за комплексним генотипом бета- та капа-казеїну виявлено шість генетичних варіантів (рис.3.23).



*Рис. 3.22. Частота комплексних генотипів за бета– та капа–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.3.24).



**Рис.3.23. Частота комплексних генотипів за бета– та капа–казеїном у бугаїв–плідників симентальської та монбельярдської порід**

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

При проведенні аналізу сумісного впливу досліджуваних генів на кількісні, якісні та економічні показники молочної продуктивності дочок

бугаїв голштинської породи нами були враховані дані тварин 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 (порівняно з генотипом A1A1/AE – на 32%); кількості молочного жиру (порівняно з генотипами A1A1/AE – на 45%, A1A2/AE – на 28%); кількості молочного білка (порівняно з генотипом A1A1/AE – на 51%); індексу довічного прибутку (порівняно 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 (порівняно з генотипами A1A1/AE – 29%, A1A2/AA – 25%, A2A2/AA – 18%); індексу прибутку за молоком (порівняно 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. 3.70).

Таблиця 3.70

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

Генотип	Milk	Fat	Prot	NM\$	FM\$	CM\$	GM\$
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>

Примітка: \*порівняння проведене до бажаного генотипу A2A2/BB

Нами проаналізовані всі комбінації між бета- і капа-казеїнами та ідентифіковані 8 гаплотипів CSN2–CSN3 (табл. 3.71). Розраховували частоти гаплотипів як середньозважене значення ймовірностей гаплотипу.



## Частота гаплотипів за бета- та капа-казеїном

Гаплотип CSN2/CSN 3	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, плідників цієї ж породи червоно-рябої масті – A1/A. У бугаїв джерсейської, швіцької, монбельярдської порід частота бажаного гаплотипу A2B суттєво переважала інші. Гаплотипи, що несуть алель бета-казеїну B мали низьку частоту і зустрічалися лише у тварин голштинської породи (0,004). Алель капа-казеїну E був притаманний бугаям голштинської, червоної датської та айширської порід.

Таким чином, 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 A2A2/BB в Україні. Встановлено що бугаї молочних порід мають різну частоту алелей бета- та капа казеїну. Частка бугаїв-плідників бажаного комплексного генотипу A2A2/BB 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 A2A2/BB не виявлено.

Бугаї бажаного комплексного 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 інших комплексних генотипів за деякими показниками.

### **3.3.2. Характеристика генетичної структури плідників лебединської породи за генами бета (CSN2)- та капа-казеїну (CSN3)**

Проведене генетичне дослідження спермопродукції 12 бугаїв лебединської породи за генами бета (CSN2) - та капа-казеїну (CSN3) мало за мету вивчення генетичних особливостей кожного з бугаїв та врахування

можливостей використання їхньої спермопродукції у замовних паруваннях (табл. 3.72).

Таблиця 3.72

**Характеристика бугаїв лебединської породи Сумського державного селекційного центру за генами бета– (CSN2) та капа–казеїну (CSN3)**

Бугай			Батько	Генотипи		Лінія	Умовна кровність
Інд. №	кличка	марка і № в ДКП		CSN2	CSN3		
1008	Фінал	СУЛ–3146	Балеро 5588	A2A2	BB	Елеганта 148551	Л40,6Ш59,4
79	Мурат	СУЛ–3145	Балеро 5588	A1A1	AA		Л12,5Ш87,5
2075	Паром	СУЛ–2731	Запад 9161	A1A2	AB	Мінуса 370	Л75Ш25
5002	Рогіз	СУЛ–2979	Кобчійк 9857	A1A2	AA	Бравого 1510	Л75Ш25
5296	Качур	СУЛ–2937	Лідер 7595	A1A2	AA	Лака964	Л100
9902	Зоркий	СУЛ–2688	Лазер 5273	A2A2	AB	Макета 4307	Л100
7933	Дикий	СУЛ–3097	Кумир 87/87	A1A1	AB	Балкона 1799	Л100
12273	Карий	СУЛ–2343	Лютий 9823	A1A2	AA		Л100
17000	Зайчик	СУЛ–3101	Каштан 91/14	A1A2	BB		Л75Ш25
17035	Чистий	СУЛ–2996	Граніт 9954	A1A2	AA		Л62,5Ш37,5
17505	Залп	СУЛ–3015	Барвінок 1519	A1A1	AB	Сюпріма 124652	Л75Ш25
102	Буйний	СУЛ–2331	Упрямий 9914	A1A2	AA	Чуткого 4281	Л100

Аналіз генеалогічної структури, показав, що 12 бугаїв–плідників віднесені до 8 ліній. З 12 плідників 5 голів чистопородні лебединські, 7 – помісі з швіцькою породою. Лінія Балкона 1799 представлена найбільшою кількістю бугаїв – 4 плідники, з яких два чистопородні лебединські, а два помісні. Лінія Елеганта 148551 представлена двома помісними бугаями. Інші

6 ліній представлені одним бугаєм. Серед досліджених за комплексним генотипом бета-та капа-казеїну один плідник мав бажаний генотип A2A2BB – Фінал 1008. Ще чотири бугаї мали генотипи A2A2/AB – Зоркий 9902; A1A2/BB – Зайчик 17000; A1A2/AB – Паром 2075; A1A1/AA – Мурат 79. П'ять бугаїв мають генотип A1A2/AA, а 2 бугая – A1A1/AB. Бугай Фінал 1008, який має бажаний комплексний генотип є помісним з швіцькою породою. Зоркий 9902 генотип якого за геном бета–казеїну є гомозиготним A2A2 – чистопородний лебединський бугай, а Зайчик 17000 генотип якого за геном капа-казеїну є гомозиготним BB – це помісний плідник. За результатами молекулярно-генетичного аналізу проведено визначення частоти розподілу генотипів бугаїв лебединської породи за генами бета CSN2– та капа–казеїнів CSN3 (рис. 3.25).

Частота бажаного комплексного генотипу A2A2/BB серед досліджених тварин склала 8,2%; генотипу A2A2AB – 8,2%; A1A2/BB – 8,2%.

Певний інтерес представляє вивчення частоти окремих алелей генів бета- та капа-казеїну. Встановлено, що частота бажаного алеля бета-казеїну A2 у піддослідних тварин лебединської породи складає 46%, а капа-казеїну B – 33%. Нами встановлено, що у чистопородних лебединських бугаїв частота алелю A2 бета–казеїну була вищою у порівнянні з помісними за швіцькою породою тваринами. При цьому за капа–казеїном помісні бугаї суттєво переважали чистопородних за частотою бажаного алелю B (рис. 3.26).

Це можна пояснити тим, що селекційна робота з лебединською породою проводилась у напрямку підвищення сиропридатності молока, шляхом використання бугаїв швіцької породи оцінених за генотипом капа–казеїну.

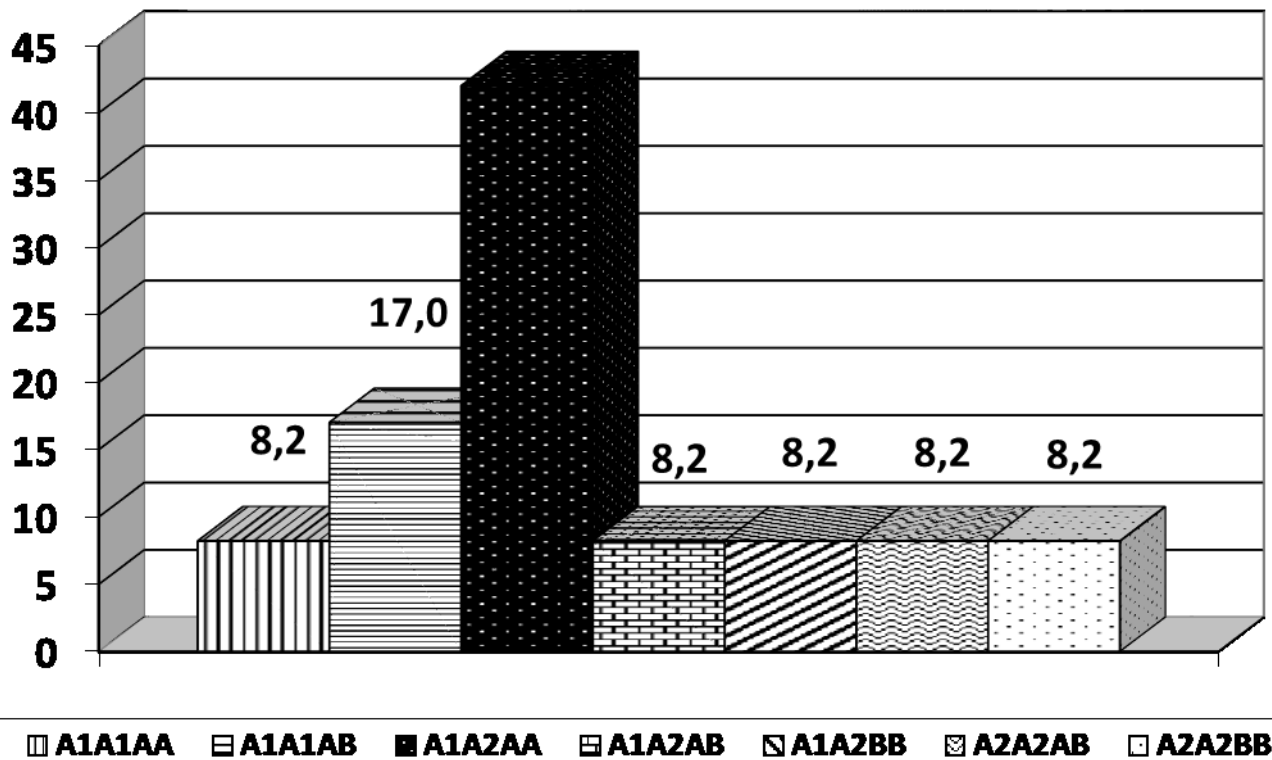


Рис. 3.24. Частота генотипів бугаїв лебединської породи за генами бета- (CSN2) та капа-казеїну (CSN3), %

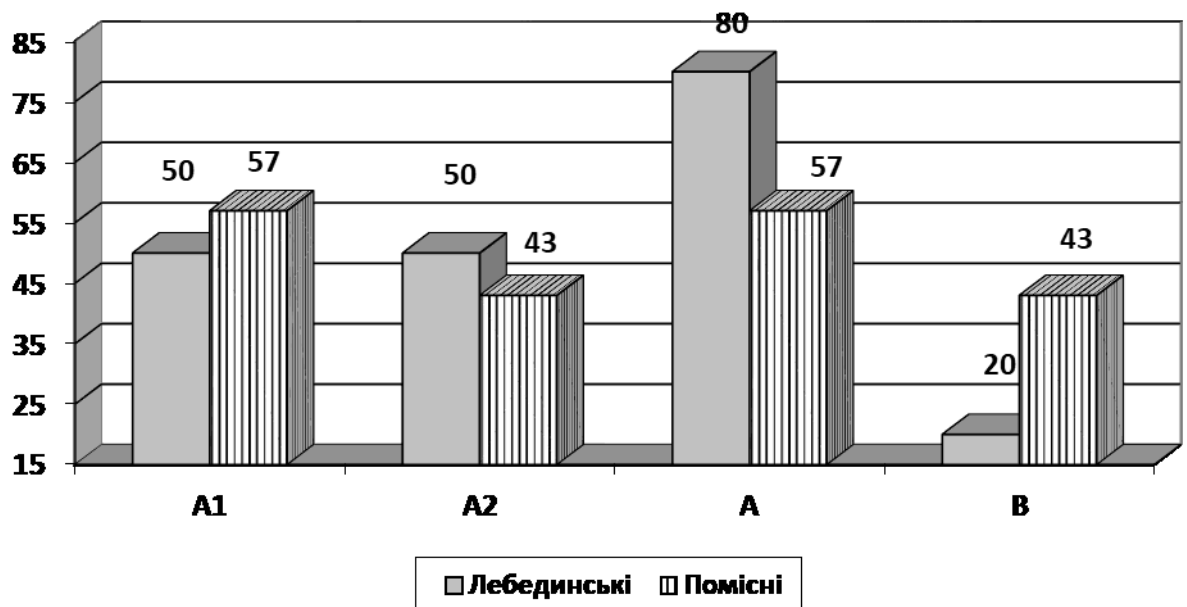


Рис. 3.25. Частота алелей генів бета- та капа-казеїну, %

За генотипом бета-казеїну селекційну роботу в Україні тільки почали проводити. А за повідомленням багатьох дослідників саме аборигенним породам характерний генотип A2A2. Враховуючи, що лебединська порода створювалась на основі місцевої сірої української породи з використанням

різних відрідь бурої худоби Європи (OBV), можна пояснити вищу частоту алелю A2 саме у цих тварин.

Нами проаналізовані всі комбінації між бета та капа-казеїном та ідентифіковані 4 гаплотипи (табл. 3.73). Розраховували частоти гаплотипів, як середньозважене значення ймовірностей гаплотипу. Серед оцінених бугаїв лебединської породи найчастішим гаплотипом CSN2-CSN3 був A1/A, що мав частоту 39,5%. Гаплотипи, що несуть алель CSN2 A2 мали достатню частоту і склали майже 46%. Алель CSN3 B мав частоту 33,4%.

Таблиця 3.73

**Частота гаплотипів за бета– та капа–казеїном**

Гаплотип CSN2/CSN3	Частота, %
A1/A	39,5
A1/B	14,6
A2/A	27,1
A2/B	18,8

Таким чином, у плідників лебединської породи зафіксовано досить високу частоту алельного варіанту A2 локусу бета-казеїну (46%), що дозволяє проводити подальшу селекцію зі створення мікропопуляцій з бажаним генотипом A2A2. Виявлено дещо нижчу частоту алельного варіанту B локусу капа-казеїну (33%), що також дозволяє проводити селекцію з покращення показників сиропридатності. Встановлено, що більшою частотою алеля бета-казеїну A2 характеризувалися чистопородні бугаї лебединської породи, алеля капа-казеїну B – помісні зі швіцькою породою бугаї-плідники, що пояснюється особливістю селекційної роботи. Бажаним генотипом A2A2/BB характеризувався бугай Фінал 1008, якого ми рекомендуємо для використання у процесі створення мікропопуляцій з бажаним комплексним генотипом A2A2/BB. З цією метою на маточному поголів'ї лебединської породи також можуть бути використані бугаї Зоркий

9902 (A2A2/AB), Зайчик 17000 (A1A2/BB) та Паром 2075 (A1A2/AB). Інші бугаї можуть бути використані лише для покращення за окремими характеристиками (бета- або капа-казеїну). Бугай Мурат 70 (A1A1/AA) не рекомендується для використання на маточному поголів'ї лебединської породи, в стадах де ставиться мета отримати тварин з комплексним генотипом A2A2/BB.

### **3.3.3. Формування господарсько-корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних комплексних генотипів CSN2/CSN3**

Зростання вимог до якості молочної продукції призвели до використання в селекції генетичних маркерів і пошуку їх зв'язку з молочною продуктивністю тварин. У ситуації, що склалася, виникла необхідність зміни методів оцінки ознак селекції тварин, нових підходів, заснованих на досягненнях генетики і біотехнології [119].

При цьому науковці зазначають, що у випадку, якщо не досліджувати генотип молочної худоби і належним чином не обліковуються в програмі розведення, то існує ризик погіршення біохімічного складу молока, що в свою чергу може призвести до зниження його придатності для переробки та виробництва різних молочних продуктів. Саме це обумовлює використання в програмах скотарства досліджень поліморфізму генів білка молока [198]. На підтвердження цьому, зазначимо, що при дослідженні на поголів'ї голштинської худоби, було встановлено, що більшість локусів (бета-казеїн, капа-казеїн) виявили потенціал для використання в якості маркерів генів у програмі відбору [173].

Метою нашого дослідження було встановлення впливу комплексного генотипу CSN2/CSN3 на господарсько-корисні ознаки тварин української бурої молочної породи.

У результаті досліджень встановлено, що середні показники живої маси телиць до 12-місячного віку дещо поступалися стандарту породи, а починаючи з 15-ти місячного віку майже повністю відповідали йому. Доведено, що телиці з комплексним генотипом A2A2/AB достовірно ( $P < 0,05$ ) переважали за живою масою у 6-ти, 12-ти, 15-ти та 18-ти місячному віці телиць з генотипом A1A2/AA відповідно на 14%, 13%, 11%, 7%. Також вони переважали телиці з генотипом A2A2/BB у віці 12, 15 та 18 місяців, відповідно на 23%, 22%, 15% ( $P < 0,05$ ). Телиці з генотипом A1A2/AB також переважали цих тварин за живою масою, причому в окремі вікові періоди різниця була статистично значущою (табл. 3.74).

Таблиця 3.74

**Залежність живої маси телиць української бурої молочної породи від комплексного генотипу за бета-та капа-казеїном**

Генотип	n	Жива маса у віці, кг				
		6 міс.	9 міс.	12 міс	15 міс.	18 міс.
A1A21/AA	8	131±7,5	195±10,2	248±11,3	300±13,6	343±18,6
A1A2/AB	8	142±10,3	200±8,4	277±5,8	345±10,0	396±10,7
A2A2/BB	12	132±4,9	197±8,7	254±9,6	314±11,4	370±14,3
A2A2/AB	7	162±10,7	235±18,3	312±17,4	382±15,7	425±15,9

Відтворювальна здатність є однією з фундаментальних основ молочного скотарства. Нами досліджено показники відтворювальної здатності у телиць та корів-первісток. Статистично значуща різниця встановлена між генотипами A2A2/AA та A2A2/BB, на користь перших. Вони мали вірогідно ( $P < 0,05$ ) менший вік першого осіменіння (на 19%) та отелення (на 14%), тривалість сервіс-періоду (на 44%) та міжотельного періоду (на 15%), значення коефіцієнту відтворювальної здатності (на 15%). Між іншими генотипами статистично значущої різниці не встановлено. Також достовірна різниця відсутня за живою масою при першому осіменінні (табл. 3.75).



Рівень надоїв за першу лактацію перевищував стандарт породи на 1948 кг. середній вміст жиру відповідав стандарту породи, а вміст білка був нижчим на 0,15%. Більшим надоєм та вмістом жиру і білка відрізнялися гомозиготні А1А1 первістки. При цьому відмічаємо відсутність статистично значущої різниці.

Таблиця 3.75

**Залежність показників відтворювальної здатності худоби української бурої молочної породи від комплексного генотипу за бета-та капаказеїном**

Генотип	n	Показники					
		вік першого осіменіння, днів	жива маса при першому осіменінні, кг	вік першого отелення, днів	тривалість сервіс-періоду (I лактація), днів	тривалість між отельного періоду (I-II лактація), днів	індекс відтворювальної здатності
A1A21/AA	8	606±42,3	361±15,3	889±41,6	127±17,9	409±18,7	0,90±0,043
A1A2/AB	8	548±43,5	361±9,1	834±41,0	145±28,1	428±28,6	0,88±0,054
A2A2/BB	12	628±40,0	374±5,4	913±39,9	142±21,2	430±20,8	0,87±0,038
A2A2/AB	7	507±30,1	385±8,3	790±29,1	79±20,3	365±19,8	1,01±0,051

За показниками молочної продуктивності статистично значущої різниці між тваринами різних генотипів не встановлено. При цьому перевагу за надоєм мали тварини з генотипом А2А2/АВ (5293 кг), за вмістом жиру – А1А2/АА (4,13%), білка – А1А2/АА (3,22%) (табл. 3.76).

Тварини української бурої молочної породи майже за всіма дослідженими показниками відповідали стандарту породи. Між тваринами різних комплексних генотипів виявлена різниця за окремими господарсько-корисними ознаками. При чому в різні періоди та за різними ознаками вона сильно варіювала та була за окремими генотипами статистично значущою.

**Молочна продуктивність первісток української бурої молочної породи в залежності від генотипу за бета–казеїном**

Генотип	n	Показники				
		надій, кг	вміст жиру, %	молочного жиру, кг	вміст білка, %	молочного білка, кг
A1A21/AA	8	5188±313,6	4,13±0,112	214±17,8	3,22±0,016	166±11,5
A1A2/AB	8	4884±393,8	3,79±0,230	189±29,6	3,09±0,075	151±20,9
A2A2/BB	12	5173±282,6	3,63±0,167	203±19,2	3,11±0,085	170±13,9
A2A2/AB	7	5294±427,1	3,31±0,310	158±60,7	3,05±0,037	147±59,9

Таким чином можна констатувати, що формування стад з комплексними генотипами не матиме негативного достовірного впливу на показники молочної продуктивності та може впливати на показники живої маси телиць та відтворювальної здатності тварин. Дослідження є попередніми та потребують збільшення кількості піддослідних тварин [145].

**3.3.4. Формування господарсько-корисних ознак у корів української чорно-рябої молочної породи різних комплексних генотипів CSN2/CSN3**

Середні показники живої маси телиць до 6–місячного віку дещо поступалися стандарту породи (170 кг). Телиці з комплексним генотипом A2A2/AA мали середню живу масу на рівні 155±8,2 кг, A1A/AB – 145±10,6 кг, A1A2/AA – 168±6,8. Тварини з генотипом A1A/AA дещо переважали стандарт породи, жива маса становила 173±10,4 кг. Починаючи з 9–ти місячного віку за показниками росту телиці переважали стандарт породи.

Встановлено, що телиці з комплексним генотипом A1A1/AA у 6–ти, 9–ти, 12–ти, 15–ти та 18–ти місячному віці переважали за живою масою телиць

з генотипом A1A1/AB відповідно на 19%, 5%, 5%, 4%, а з генотипом A2A2/AA на 12%, 2%, 2%, 2%. Телиці з комплексним генотипом A1A2/AA також переважали тварин з генотипами A1A1/A2 та A2A2/AA за показниками живої маси в усі досліджені періоди. Необхідно зазначити, що статистично значущої різниці між телицями різних генотипів в усі досліджувані періоди не встановлено (табл. 3.77).

Таблиця 3.77

**Залежність живої маси телиць української чорно–рябої молочної породи від генотипу за бета–та капа–казеїном**

Генотип	n	Жива маса у віці, кг				
		6 міс.	9 міс.	12 міс	15 міс.	18 міс.
AA/A2A2	6	155±8,1	229±11,8	311±12,5	387±14,1	437±7,9
AA/A1A2	6	168±6,7	257±5,8	329±6,4	403±9,6	456±8,1
AA/A1A1	6	173±10,4	257±24,3	318±26,5	389±27,7	447±16,2
AB/A1A1	6	145±10,6	226±13,9	302±11,2	370±14,5	428±12,7

Важливу роль у рентабельності молочного скотарства відіграє відтворювальна здатність. Нами досліджено показники відтворювальної здатності у телиць та корів-первісток. Статистично значущої різниці не встановлено між тваринами різних генотипів за показниками віку першого осіменіння та отелення, живої маси при першому осіменінні. Меншим віком першого осіменіння (449±13,4) та отелення (730±12,3) відрізнялися тварини з генотипом A2A2/AA. При цьому середня жива маса при першому осіменінні у них складала 387±4,1 кг. Тварини з іншими генотипами хоч і мали більші значення віку першого осіменіння та отелення, але різниця між ними була статистично незначуща. Найменшою тривалістю сервіс-періоду відрізнялися первістки з комплексним генотипом A1A1/AA (108±14,8). Відповідно і менш тривалим був міжотельний період (394±14,1) у тварин цих генотипів у

порівнянні з іншими. Значення коефіцієнта відтворювальної здатності у тварин всіх досліджених генотипів було вище одиниці (табл. 3.78).

Таблиця 3.78

**Залежність показників відтворювальної здатності та величини надоїв худоби української чорно-рябої молочної породи від генотипу за бета-казеїном**

Генотип	n	Показники						
		вік першого осіменіння, днів	жива маса при першому осіменінні, кг	вік першого отелення	надій, кг	тривалість сервіс-періоду (I лактація), днів	тривалість між отельного періоду (I–II лактація), днів	індекс відтворювальної здатності
AA/A2A2	6	449±13,4	387±4,1	730±12,3	5839±208,3	128±24,5	411±24,5	0,90±0,057
AA/A1A2	6	463±29,9	407±12,3	743±28,3	6809±528,6	171±38,2	449±37,6	0,83±0,081
AA/A1A1	6	360±100,5	393±6,6	632±35,5	5825±512,2	108±14,7	394±14,1	0,93±0,032
AB/A1A1	6	459±18,9	362±8,5	739±18,1	6281±327	146±14,9	427±16,6	0,86±0,032

Рівень надоїв за першу лактацію перевищував стандарт породи на 80%. середній вміст жиру відповідав стандарту породи, а вміст білка був нижчим на 0,29%. Середній надій більше 6,0 тис. кг молока мали тварини з генотипом A1A1/AB та A1A2/AA. Середній надій тварин інших генотипів дорівнював близько 5,8 тис. кг. Статистично значуща різниця відсутня.

Таким чином у результаті досліджень встановлено, що тварини української чорно-рябої молочної породи майже за всіма дослідженими показниками відповідали стандарту породи та перевищували його. Між тваринами різних комплексних генотипів виявлена різниця за окремими господарсько-корисними ознаками. При чому в різні періоди та залежно від оцінюваних ознак вона сильно варіювала. Можна констатувати, що формування стад з комплексними генотипами не матиме негативного достовірного впливу на показники живої маси телиць, відтворювальної

здатності тварин та їх молочної продуктивності. Результати дослідження є попередніми та потребують збільшення кількості піддослідних тварин.

Матеріали досліджень підрозділу викладено у 4 наукових публікаціях [34, 41, 44, 59].

### **3.4. Передумови збереження мікропопуляцій локальних та зникаючих порід України**

Зникнення локальних малочисельних порід худоби є актуальною проблемою в умовах сучасної України. У тому числі збереження біорізноманіття, бо згідно даних науковців лише до 2014 року припинили своє існування 16 породних формувань класу ссавців. Це насамперед втрата цінних генетичних комплексів, адаптованих до місцевих мов існування, здатних продукувати у певних кормових умовах та стійких до певних захворювань [22, 62].

Стосовно галузі молочного скотарства визначальна роль у питанні збереження порід належить бугаям-плідникам як складовим консолідації цінних генотипів та невід'ємним елементам поширення селекційної інформації серед маточного поголів'я певних породних груп [1, 4, 15].

Особливості селекційної роботи з окремими породами, з точки зору оптимального використання їх генетичного резерву, потребує синтезу інформації цілої низки джерел, у тому числі аналізу результатів молекулярно-генетичних досліджень, що надають об'єктивні критерії оцінки різноманітності особин в породі і між ними. Різноманітність існуючих маркерних систем, придатних для оцінки генетичної мінливості біологічних об'єктів, становить перед дослідниками завдання вибору оптимального типу маркерів або їх комбінацій для об'єктивної оцінки стану генофонду порід. Загальна концепція застосування елементів маркерної селекції у тваринництві повинна мати методичне підґрунтя – універсальний підхід

щодо встановлення особливостей генофондів будь-яких сільськогосподарських тварин, висока поліморфність та інформативність обраних для дослідження генетичних маркерів, їх стабільна відтворюваність та невисока вартість тестування[21, 53].

Особливу актуальність зазначене завдання набуває відносно генетичних критеріїв оцінки генофондових малочисельних популяцій великої рогатої худоби та характеристики створених порід з метою визначення передумов їхньої подальшої консолідації, підвищення племінної цінності та продуктивності.

#### **3.4.1. Генетичний аналіз бугаїв лебединської породи і споріднених популяцій за даними полілокусного ISSR–PCR типування з метою збереження та покращення унікальної популяції лебединської худоби**

Популяційно–генетичний аналіз тварин чотирьох порід (швіцької, лебединської, сірої української та оригінальної бурої німецької порід у техніці міжмікросателітного аналізу при застосуванні фрагмента заякореного мікросателіта із тринуклеотидним AGC мотивом, дозволив сумарно отримати 23 продукти ампліфікації розміром від 250 до 2000 п.н. (табл. 3.79). Оскільки три генетичні локуси виявилися мономорфними (ДНК–фрагменти із розміром 1100, 900 і 530 п.н. зустрічалися у всіх досліджених особин різних порід), то загальний рівень поліморфізму популяцій за обраним генетичним маркером склав 86,96%. Це свідчить про доволі високий рівень інформативності маркера для популяційних досліджень як на міжпородному, так і індивідуальному рівні.

Аналіз розподілу окремих ДНК–фрагментів дозволив визначити унікальні особливості геному представників окремих порід. Так, наприклад, нами виявлено продукт ампліфікації в полімеразній ланцюговій реакції

(амплікон) розміром 770 п.н., (рис. 3.27) що зустрічався у тварин швіцької породи з частотою 0,60, у бугаїв оригінальної бурої німецької та сірої української порід він був знайдений у 100% досліджених тварин, а у виборці бугаїв лебединської породи його частота склала лише 0,20.

Таблиця 3.79

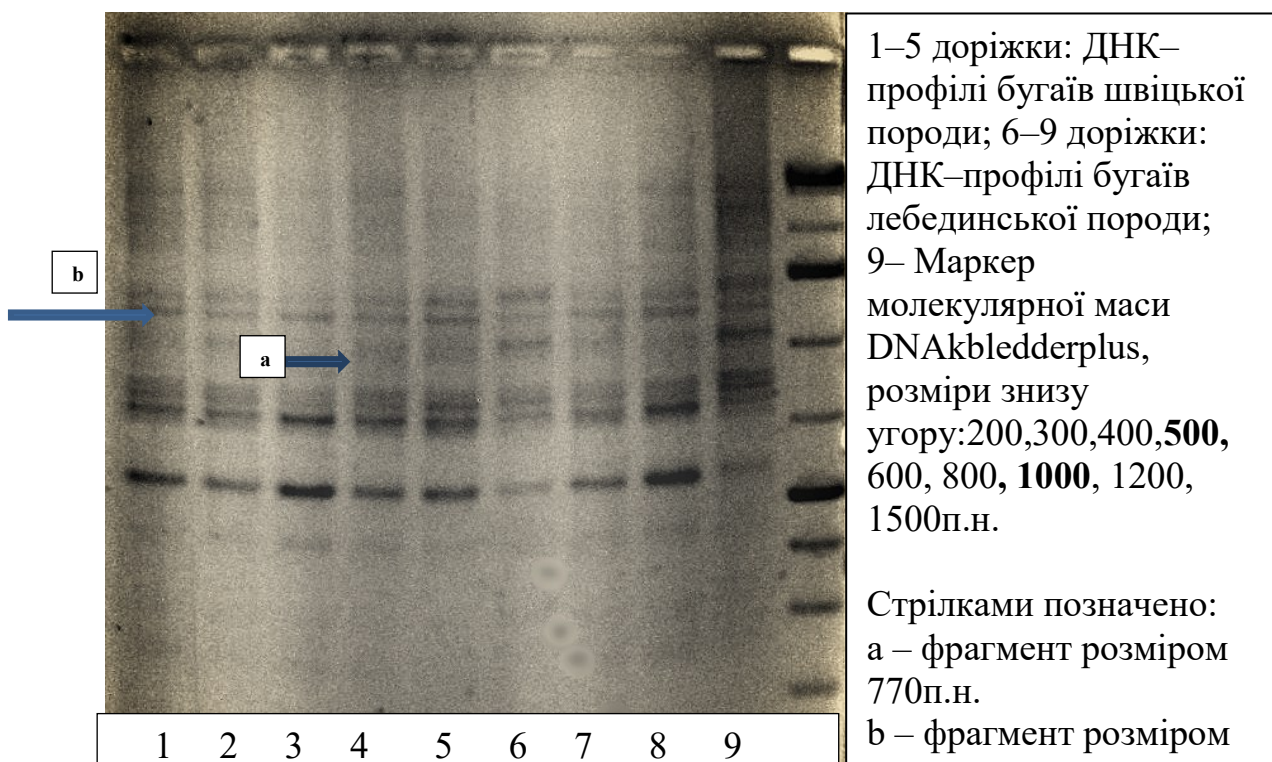
**Порівняння частоти та розмірів ДНК–фрагментів у технології ISSR з праймером S1 у бугаїв чотирьох популяцій**

№ фрагменту	ДНК–фрагменту	Розмір ДНК–фрагменту	Популяції великої рогатої худоби			
			BS	OBV	Л	СУ
1		2000	0.000	0.667	0.000	1.000
2		1500	0.800	0.333	1.000	0.667
3		1350	0.400	1.000	0.400	1.000
4		1230	0.600	0.333	0.600	1.000
<b>5</b>		<b>1100</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
6		1050	<u>0.200</u>	0.000	0.000	0.000
7		1000	0.400	1.000	0.400	1.000
8		960	0.600	<u>0.000<sup>a</sup></u>	0.600	<u>1.000<sup>*</sup></u>
<b>9</b>		<b>900</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
10		830	<u>0.200</u>	1.000	0.400	1.000
11		800	0.800	1.000	1.000	1.000
12		770	0.600	1.000	<u>0.200</u>	1.000
13		700	1.000	1.000	<u>0.200<sup>*</sup></u>	1.000
14		670	1.000	1.000	1.000	<u>0.000<sup>*</sup></u>
15		650	1.000 <sup>a</sup>	<u>0.000<sup>*</sup></u>	1.000 <sup>a</sup>	0.333
16		620	0.400	0.000 <sup>a</sup>	<u>1.000<sup>*</sup></u>	0.000 <sup>a</sup>
17		560	0.000	1.000	<u>0.000<sup>*</sup></u>	1.000
<b>18</b>		<b>530</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
19		475	0.000	0.667	0.000	0.667
20		450	0.800	0.667	0.600	<u>0.000</u>
21		350	0.000	<u>1.000<sup>*</sup></u>	0.000	0.000
22		325	0.400	0.667	0.600	<u>1.000</u>
23		250	0.400	1.000	0.600	1.000

Примітка: різниця статистично значуща за критерієм Фішера: <sup>\*</sup> p<0,5; BS– швіцька порода американської селекції; OBV – оригінальна бура німецька; Л– лебединська; СУ – сіра українська худоба

Цікаво відмітити, що у лебединській породі відбувся відбір тварин, які є носіями альтернативного алеля і його частота суттєво зменшилася, порівняно із популяцією швіцької породи американської селекції, бугаї якої приймали участь у схемі вдосконалення лебединської породи. У представників швіцької породи американської селекції нами знайдені

тварини у яких зустрічався рідкісний алель з розміром 1050 п.н. із частотою 0,2, проте він був відсутній у представників інших субпопуляцій. ДНК фрагмент розміром 960 п.н. можна вважати маркерним для тварин сірої української породи, оскільки його частота склала 1,0 при повній відсутності цього алеля у особин оригінальної бурої німецької породи ( $p < 0,5$ ), а його частота у виборці тварин лебединської та швіцької порід склала 60%.



**Рис. 3.26. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК тварин швіцької і лебединської порід з праймером ISSR–S1 у 2% агарозному гелі.**

Амплікони розміром 700 п.н. зустрічався лише у 20% тварин лебединської породи, проте у особин решти досліджених субпопуляцій цей алель зустрічався з частотою 1,00 ( $p < 0,5$ ). Специфічною породною особливістю для бугаїв сірої української породи виявилось відсутність ДНК–фрагмента з розміром 670 п.н., який у свою чергу був присутнім у всіх представників інших трьох порід дослідження. У всіх бугаїв лебединської породи був виявлений алель із розміром 620 п.н. при його відсутності у особин оригінальної бурої німецької і сірої української порід ( $p < 0,5$ ), тоді як у



субпопуляції швіцької породи американської селекції цей ДНК фрагмент був виявлений у 40% особин. Високоінформативним генетичним маркером для тварин оригінальної бурої німецької породи можна вважати наявність алеля розміром 350 п.н, що зустрічався у всіх представників дослідженої вибірки і був відсутнім у бугаїв інших порід ( $p < 0,5$ ).

За результатами проведеного популяційно-генетичного аналізу тварин різних порід за розподілом ISSR–PCR маркерів були виявлені суттєві, статистично значущі відмінності між ними за рядом основних параметрів (табл. 3.80). Максимальна кількість отриманих продуктів ампліфікації була характерна для бугаїв оригінальної німецької породи – 16,667, проте значення цього показника для тварин швіцької американської селекції і лебединської порід було однаковим і суттєво нижчим – 12,600 ( $p < 0,01$ ). Рівень розрахованої внутрігрупової схожості, який певним чином може слугувати математичною моделлю оцінки ступеня генетичної консолідованості популяції, був максимальним у виборці тварин сірої української породи (0,959) за мінімального значення цього показника у особин швіцької породи американської селекції (0,730), проте ця різниця була статистично не вірогідною. Привертає увагу значення теоретично розрахованого рівня гетерозиготності у бугаїв сірої української породи – лише 3,7% при тому що цей показник у тварин швіцької породи американської селекції склав 28,3% ( $p < 0,01$ ). За кількістю ідентифікованих генетичних локусів з праймером S1 в технології міжмікросателітного аналізу також найбільш відмінними виявилися тварини сірої української та швіцької порід із значеннями досліджуваного показника 15,749 та 9,818, відповідно. Генетичний показник «частка поліморфних локусів» підтвердив наявність найбільш суттєвих відмінностей між субпопуляціями тварин швіцької американської селекції та сірої української порід із значеннями названого параметра 0,389 та 0,048, відповідно. Таким чином, за результатами проведеного аналізу була показана генетична унікальність аборигенної давньої сірої української породи і катастрофічне звуження генетичної

мінливості, пов'язане з використанням обмеженої кількості плідників і взагалі критично малою ефективною чисельністю популяції.

Таблиця 3.80

**Основні генетико-популяційні характеристики бугаїв чотирьох субпопуляцій за результатами ISSR-S1 полілокусного аналізу**

Породи (N)	Генетико-популяційні показники				
	Середня кількість ампліконів	Рівень внутрі-групової схожості	Гетерозиготність	Кількість генетичних локусів	Частка поліморф-них локусів
BS (5)	12,600±0,400 <sup>a</sup>	0,730	0,283 <sup>a*</sup>	9,818	0,389
OBV (3)	16,667±0,667 <sup>a**</sup>	0,860	0,111 <sup>a</sup>	14,998	0,133
Л (5)	12,600±0,872 <sup>a</sup>	0,780	0,194	10,557	0,242
СУ (3)	16,334±0,334 <sup>a*</sup>	0,959	0,037 <sup>**</sup>	15,749	0,048

Примітка: різниця статистично значуща за критерієм Фішера: \* –  $p < 0,5$ ; \*\* –  $p < 0,01$  BS – швіцька порода американської селекції; OBV – оригінальна бура німецька; Л – лебединська; СУ – сіра українська худоба

Інформативні молекулярні маркери і розроблені математичні моделі для оцінки популяційної ситуації, як показано низкою науковців на різних видах сільськогосподарських тварин, придатні оцінити не тільки реальний внесок генетичної інформації, що перейшла у спадок тваринам створеної породи від представників поліпшуючих порід, але і ступінь їх дивергенції при подальшій селекції та природній адаптації [53]. Одним із ключових завдань досліджень, що проводилися, була оцінка генетичної диференціації між породами фундаторами і створеною на їх основі лебединською породою великої рогатої худоби. Результати такої оцінки мають бути науковою основою селекційних програм із раціонального використання і відновлення генофонду зникаючої лебединської породи великої рогатої худоби.

Найбільший індекс генетичної схожості за результатами ДНК типування тварин в технології ISSR-PCR із тринуклеотидним заякореним праймером (AGC)<sub>6</sub>C був встановлений між субпопуляціями тварин оригінальної бурої німецької та сірої української порід (0,809), а розрахована на основі цієї величини генетична дистанція склала 0,212. Найменший рівень генетичної схожості за обраним генетичним маркером було встановлено між

вибірками тварин лебединської та сірої української порід із значенням 0,595, а відповідна генетична дистанція склала 0,520.

Основою побудови графіків–кладограм є значення індексів генетичної схожості і розрахованих на їх основі генетичних дистанцій після проведеного кластерного аналізу. Результати оцінювання генетичних взаємин мікропопуляцій великої рогатої худоби різних порід наведені в табл. 3.81

Таблиця 3.81

**Рівні схожості і генетичні дистанції між представниками різних популяцій ВРХ за результатами міжмікросателітного аналізу з праймером ISSR–S1**

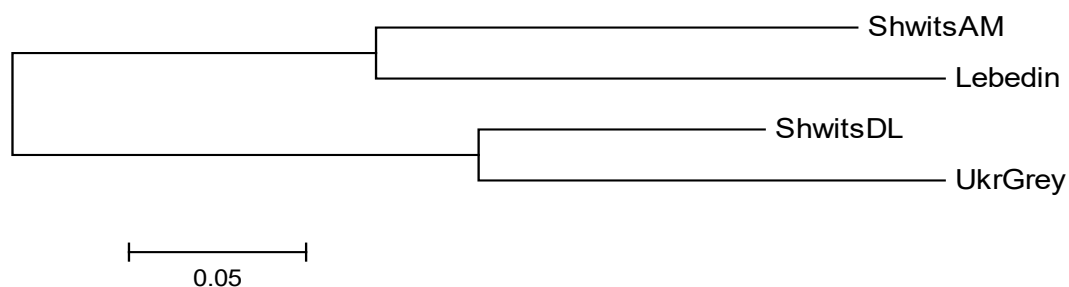
I DN	BS	OBV	Л	СУ
BS	1,000 0,000	0,641	0,743	0,617
OBV	0,445	1,000 0,000	0,601	<b>0,809</b>
Л	0,297	0,509	1,000 0,000	<b>0,595</b>
СУ	0,482	<b>0,212</b>	<b>0,520</b>	1,000 0,000

Примітка: I – індекс генетичної схожості, верхня діагональ; DN – генетичні дистанції, нижня діагональ. BS – швіцька порода американської селекції, OBV – оригінальна бура німецька порода, Л – лебединська, СУ – сіра українська порода великої рогатої худоби.

Оскільки в популяціях порід сільськогосподарських тварин швидкість еволюційних подій є нерівномірною, залежить від ступеня як штучного, так і природного селекційного тиску, для проведення кластерного аналізу і мінімізації помилок у топології побудованих дендрограм, нами був обраний метод «приєднання сусідів» – Neighbor-joining (NJ) [181].

Структура побудованого кластера (рис. 3.27) складається із двох підкластерів. До складу першого підкластера увійшли тварини лебединської та швіцької породи американської селекції, конфігурація іншого підкластера створена сірою українською та оригінальною бурою німецькою породами.

МетодNJ



**Рис. 3.27. Дендрограма, побудована на основі даних ISSR-типуювання бугаїв чотирьох порід методомNeighbor-joining в програмі MEGA 4**

Якщо об'єднання у спільний підкластер тварин лебединської породи та швіцької породи американської селекції можна пояснити тим, що починаючи з 70-х років минулого століття саме бугаїв-плідників цієї породи використовували для покращення лебединської породи, то потрапляння до одного кластеру тварин сірої української та оригінальної бруї німецької порід потребує подальших досліджень. Генетична схожість тварин, між якими не існує генеалогічних зв'язків може бути пояснена лише маркіруванням окремих фрагментів генів, які пов'язані із адаптивністю до місцевих умов утримання, адже відомо, що ДНК фрагменти, що синтезуються в технології ISSR можуть містити ділянки структурних частин генів, що розташовані між мікросателітними послідовностями [8]. Не виключно, що на значення генетичної дистанції між неспорідненими породами сіра українська та оригінальна бура німецька суттєво вплинули виявлені низькі рівні генетичної мінливості, що характерні для аборигенних порід обмеженої чисельності. Окрім цього, отримані нами результати популяційно-генетичного аналізу підтверджують те, що тварини швіцької породи європейської та американської селекції суттєво відрізняються.

У родоводі окремих бугаїв-плідників лебединської породи (Рогіз 5002 та Фінал 1008) зустрічаються бугаї-плідники як американської так і австрійської селекції. В родоводах бугаїв-плідників сучасної швіцької породи

зустрічаються бугаї ліній Ладді, Сюпріма, Вігата, Хілла, Концентрата, Дістінкшна, Лайласана, Елеганта. Оригінальна бура німецька порода не випадково була включена до переліку досліджуваних нами порід, оскільки для покращення місцевої худоби на початку ХХ століття до України завозили саме бугаїв–плідників швіцької породи з Німеччини та Швейцарії і виявлена в ході досліджень низька частка впливу цих тварин на генетичну структуру лебединської породи була дещо несподіваною. Для відповіді на ці питання і отримання однозначних висновків, необхідно розширення не тільки вибірки тварин зазначених вище порід, але і залучення до наступного дослідження більшої кількості праймерів для ISSR технології і залучення маркерних локус–специфічних систем інших класів.

Отже, досліджені нами чотири субпопуляції порід продемонстрували, в цілому, низький рівень генетичного різноманіття при наявності певних відмінностей між ними. Знижені рівні генетичної поліморфності та гетерозиготності, особливо у вибірці тварин лебединської породи, потенційно створює загрози до звуження генетичного різноманіття, втрати унікальних алелей та підвищення інбридингу в наступних поколіннях. Таким чином, наші дослідження підкреслили важливість розробки спеціальних програм розведення малочисельних порід тварин з використанням генетичної інформації, необхідної для планування паруваль для запобігання втрати унікального генетичного різноманіття місцевих порід тварин.

Численними дослідженнями показано, що ISSR–маркери виступають в якості надійного методичного підходу щодо оцінки філогенетичних взаємин різних видів сільськогосподарських тварин і адекватно відбивають різницю між ними як за генеалогією, так і ознаками продуктивності.

Незважаючи на те, що технологія ISSR фінгерпринтингу вважається менш придатною, порівняно із SSR (STR), для проведення популяційних досліджень внаслідок домінантного типу проявів алелей, створює певні складнощі при визначенні розмірів ампліфікованих фрагментів та їх

розділенні у агарозному гелі, унеможлиблює точну оцінку гетерозиготного стану ідентифікованих локусів, вона дозволяє проводити пошук нових генів кількісних ознак, створювати на основі виявлених ампліконів більш точні SNP маркери, несе величезне інформативне навантаження при проведенні популяційних досліджень видів сільськогосподарських тварин за мінімальних матеріальних витрат, є незамінною особливо для маловивчених біологічних об'єктів [52, 76, 99, 158].

Не менш важливими завданнями подальших досліджень має бути вибір високоінформативних маркерів для оцінки генетичної специфічності порід з використанням стандартних панелей мікросателітів, затверджених міжнародними організаціями ISAG та ICAR із проведенням моніторингових досліджень всіх існуючих популяцій кожної породи великої рогатої худоби [80, 72, 191].

Особливої актуальності набуває ДНК-типуння аборигенних порід тварин для виявлення унікальних генетичних комплексів адаптивності та алелей, асоційованих із проявом економічно важливих ознак [17, 55], що в цілому і буде визначатися в якості основних завдань подальших досліджень та розробки ефективних стратегій збереження генофонду лебединської породи великої рогатої худоби.

Проведений популяційно-генетичний аналіз чотирьох субпопуляцій чотирьох порід великої рогатої худоби (швіцька, оригінальна бура німецька, лебединська та українська сіра) в цілому продемонстрував низький рівень генетичної гетерогенності. Відзначимо наявність специфічних фрагментів ДНК, які виявляються в технології міжмікросателітного аналізу, що повністю збігається з отриманими раніше результатами [52]. Відзначимо, що знижений рівень генетичного поліморфізму та гетерозиготності потенційно створює загрозу зменшення генетичного різноманіття, втрати унікальних алелей та депресії інбридингу в наступних поколіннях популяції лебединської породи. Доведено важливість використання отриманої інформації при розробці

регіональних програм відновлення генофонду зникаючої лебединської породи із залученням тварин поліпшувальних порід зарубіжної селекції.

Проведені генетичні дослідження показали, що лебединська порода та оригінальна бура німецька порода поєднані в одному кластері, але в різних субкластерах, що може бути результатом одновекторної селекції цих порід з метою підвищення адаптивності до місцевих умов розведення. Це дозволяє використовувати сперму вихідних плідників бурої німецької породи на племінному поголів'ї лебединської породи, що дозволяє розширити його генеалогічну структуру та запобігти небажаному інбридингу з подальшим використанням генеративних матеріалів плідників лебединської породи, що зберігаються в Національному банку генетичних ресурсів.

#### **3.4.2. Оцінка бугаїв–плідників за генотипом бета–казеїну в контексті передумов збереження унікальних популяцій худоби в Україні**

Формування мікропопуляцій з унікальними продуктивними властивостями, зокрема з генотипом A2A2 за бета-казеїном, у межах малочисельних зникаючих порід худоби в сучасних умовах може бути одним із перспективних та економічно обумовлених шляхів збереження цінних генетичних комплексів, які знаходяться на межі зникнення [74, 167, 188].

Результати ДНК-тестування локусу бета-казеїну на наявність A1 і A2-алельних варіантів у плідників досліджуваних порід та помісних тварин виявили, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу A2A2 характеризуються помісні тварини лебединської породи та ОВВ. Їм дещо поступалися плідники білоголової української (табл. 3.82).

**Частота алелей та генотипів за локусом гена бета-казеїну у плідників**

Порода/помісі	Генотипи						Алель, од	
	A1A1		A1A2		A2A2		A1	A2
	n	%	n	%	n	%		
Білоголова українська	1	12,5	3	37,5	4	50,0	31,25	68,75
Сіра українська	4	36,4	5	45,5	2	18,2	59,10	40,90
Лебединська	3	25,0	7	58,3	2	16,7	54,20	45,80
Бура карпатська	0	0,0	7	70,0	3	30,0	35,00	65,00
Лебединська *OBV	0	0,0	10	43,5	13	56,5	21,70	78,30
Українська чорно-ряба молочна	8	26,7	13	43,3	9	30,0	48,30	51,20
Голштинська	1	6,7	11	73,3	3	20,0	43,00	57,00
Симентальська	2	15,4	5	38,5	6	46,1	34,60	65,40

Необхідно відмітити, що даний генотип зустрічався в усіх локальних досліджених породах, виключення становлять два плідники червоної степової породи, які мали генотипи A1A1 та A1A2 (не наведено в таблиці). У комерційних породах більшою частотою бажаного генотипу відрізнялися тварини симентальської породи. Найменшу частоту генотипу A2A2 мали плідники голштинської породи. Дещо нижчі значення частоти генотипу A2A2 у плідників сірої української та лебединської породи від очікуваних на нашу думку потребує більш детального вивчення. Бугаї української чорно-рябої молочної породи мали посереднє значення частоти бажаного генотипу.

Більшою частотою з гетерозиготного генотипу A1A2 характеризуються тварини бруї карпатської та голштинської порід. Найменша частота гетерозигот встановлена у плідників білоголової української та симентальської порід.



Плідники сірої української породи мають найвищу частоту генотипу A1A1. У плідників бурої карпатської породи та помісей лебединської з OBV дані генотипи не зустрічаються.

За частотою бажаного алеля A2 переважали помісні плідники лебединської та OBV. Близькі до них значення мають тварини білоголової української, симентальської австрійської селекції та бурої карпатської порід. Цікавим фактом є переважання частоти цього алеля над алелем A1 у плідників голштинської та української чорно–рябої молочної порід. А ось перевага алеля A1 у тварин сірої української та лебединської порід потребує більш детального вивчення.

Існує загальноприйнята думка, що порушення випадкового схрещування повинно викликати відхилення в частотах генотипів від очікуваної рівноваги за законом Харді–Вайнберга. У тварин лебединської, бурої карпатської порід, помісей лебединської з оригінальною бурою та голштинської порід фактична гетерозиготність переважала очікувану. Негативне значення індексу фіксації Райта свідчить про незначний надлишок гетерозигот у цих вибірках (табл. 3.83).

Таблиця 3.83

### Значення основних показників мінливості за геном бета–казеїну

Порода	$H_o$	$H_e$	$F_{is}$
Білоголова українська	0,375	0,430	0,128
Сіра українська	0,455	0,483	0,060
Лебединська	0,583	0,497	-0,175
Бура карпатська	0,700	0,455	-0,538
Лебединська *OBV	0,435	0,340	-0,278
Українська чорно–ряба молочно	0,433	0,499	0,132
Голштинська	0,733	0,491	-0,493
Симентальська	0,385	0,453	0,150

Примітка:  $H_o$  – фактична гетерозиготність,  $H_e$  – очікувана гетерозиготність,  $F_{is}$  – фіксаційний індекс

На нашу думку, заходи зі збереження лебединської породи, які розроблені фахівцями Сумського національного аграрного університету [140], а саме робота методом популяції реципрокного відтворення з використанням бугаїв–плідників оригінальної бурої німецької породи, дозволяє підвищити частоту алеля A2 бета–казеїну в генофондних стадах.

Це в свою чергу надасть можливість отримати тварин з бажаними показниками якості молочної сировини та поголів'я бугаїв–плідників лебединської породи з генотипом A2A2 за бета–казеїном для замовних паруваль. Тому, ми можемо з впевненістю казати, що за рахунок проведених досліджень та співпраці науковців та виробників є можливість створити молочні стада бурої худоби, від яких буде отримане молоко з генотипом A2A2 за бета–казеїном, що в значній мірі підвищить прибутковість його виробництва. У свою чергу це може сприяти подальшим заходам з збереження генофонду бурої худоби України.

Перспективним також є використання плідників інших (місцевих або локальних) порід з метою їхнього подальшого збереження та створення стад тварин з генотипом A2A2.

Таким чином у результаті проведеної роботи встановлені частоти алелей та генотипів за локусом бета–казеїну у плідників автохтонних порід України. Встановлено, що за даною ознакою плідники локальних українських порід суттєво відрізняються між собою. Отримані результати свідчать про відсутність направленої селекційної роботи в напрямку створення стад з генотипом тварин A2/A2. Винятком є селекція бурої худоби, про що свідчить отримання бугайців від замовних паруваль, у яких частота бажаного генотипу вище 50%. Подібною частотою характеризуються і плідники білоголової української породи. Тому, можна стверджувати про наявність перспектив зі створення у популяції худоби лебединської та української білоголової порід таких стад. Подібна робота з молочними

стадами сірої української, бурої карпатської та червоної степової порід потребують додаткових досліджень.

Спеціалізовані молочні породи мають посередні значення частот бажаного генотипу, але у тварин симентальської породи дана ознака має перспективи до збільшення популяції худоби з генотипом A2A2 за бета-казеїном.

Матеріали досліджень підрозділу викладено у 14 наукових публікаціях [2, 16, 36, 47, 48, 49, 63, 64, 66, 97, 145, 138, 141, 146].

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА ВІД КОРІВ З ГЕНОТИПОМ А2А2 ЗА БЕТА–КАЗЕЇНОМ

Виробництво молока перш за все як продукту корисного для здоров'я стимулює переробну галузь шукати нові шляхи забезпечення споживачів продукцією відповідної якості. Одним із таких продуктів є молоко А2, яке вважається безпечним для споживання дорослими і дітьми, бо не містить білок А1, який, за свідченням науковців, є причиною багатьох захворювань. Кількість фермерів, що займаються виробництвом такого молока у світі постійно зростає. Це пояснюється попитом на безпечну продукцію, корисну для здоров'я. Економічна ефективність виробництва молока від корів з генотипом А2А2 за бета–казеїном доведена публікаціями закордонних дослідників [119, 159, 166, 176].

З появою в Україні молока, отриманого від корів з генотипом А2А2 за бета-казеїном, вітчизняні науковці почали працювати у даному напрямку і підтверджувати світові дослідження. Зокрема аналіз споживчого ринку довів наявність цільових аудиторій, орієнтованих на споживання даного продукту. У той же час дослідники відмічають недостатню інформованість споживачів щодо корисних якостей молока А2. У сільськогосподарській галузі відбувається переорієнтація господарств, які виробляють молоко даного виду, щодо необхідності генотипування тварин за даним показником і необхідності постійного контролю якості отриманої продукції. Одночасно молокопереробне підприємство, яке займається випуском інноваційного молочного продукту даного виду має внести зміни у роботу технологічних ліній [5, 6, 7, 12, 51].

Згідно результатів нашої наукової праці економічна ефективність виробництва молока від корів з генотипом А2А2 за бета–казеїном доведена в умовах ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу України, господарства, де вперше в Україні було сформоване стадо худоби з виробництва «лагідного» молока.

Розрахунки рівня рентабельності виробництва молока А2А2 були проведені виходячи з розрахованої економічною службою підприємства собівартості виробництва та реалізаційної ціни 1 л молока (табл.4.1).

Таблиця 4.1

Рентабельність виробництва молока в умовах ДПДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (станом на 01.11.2022 року)

Показники	Молоко*(промислове)	
	ординарне	Від корів з генотипом А2А2 за бета-казеїном
Собівартість виробництва 1 л молока, грн	7,67	7,98
Реалізаційна ціна 1 л молока (без ПДВ), грн	9,58	10,83
Різниця, грн	1,91	2,85
Рентабельність виробництва, %	24,9	35,7

\* – без врахування молока, що було реалізоване населенню

Згідно вище наведених даних собівартість виробництва 1 л молока, одержаного від корів з генотипом А2А2 за бета казеїном перевищувала собівартість ординарного молока на 0,31 грн.

Але оскільки реалізаційна ціна 1 л молока А2А2 (без ПДВ) була вищою ніж ординарного молока на 13%, рівень рентабельності виробництва молока А2А2 становив 35,7%, а звичайного молока – 24,9%.

Таким чином формування мікропопуляції худоби з унікальними продуктивними властивостями в умовах ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу сприяло зростанню рівня рентабельності виробництва молока на 10,8%. Отримані економічні результати можуть бути стимулом до подальшого збільшення чисельності корів з генотипом А2А2 за бета-казеїном у даному сільськогосподарському підприємстві.

## РОЗДІЛ 5

### АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Молоко – це один з основних продуктів харчування, який людина постійно використовує у своєму раціоні і є першим, лімітуючим і незамінним у харчуванні дітей з перших днів життя. Кількість його споживання щороку зростає. Найбільш повноцінне харчування за цим продуктом притаманне жителям розвинених країн Західної Європи та США. Його роль дуже важлива у якості дієтичного продукту та джерела великої кількості незамінних амінокислот, вітамінів, мікро- та макроелементів. В аспекті актуальності проведених досліджень необхідно зазначити, що понад 80% молочної сировини складає молоко отримане від корів. У той же час в останні десятиліття зростає кількість побічних негативних реакцій організму на молоко і продукти з нього, що згодом унеможлиблює споживання даних високоцінних продуктів харчування [91, 85, 90, 121].

Такий стан питання спонукає науковців до пошуку нових безпечних елементів у харчуванні і визначення факторів, які є причиною погіршення якості молочної сировини, пошуку рішень щодо їхньої ліквідації або обмеження впливу на стан здоров'я людини. Науковими дослідженнями встановлені нові сполуки, які є причиною негативного впливу молока на біологічні об'єкти. Доведено, що алель A1 бета-казеїну молока при перетравлюванні має здатність утворювати опіюїдну сполуку бета-казоморфін (BCM) [81, 88, 96, 129, 161].

Значну кількість хвороб пов'язують із споживанням молока корів. Наукові підтвердження стосовно цього питання у світовому аспекті є щодо діабету першого типу, ішемічної хвороби серця, хвороб органів шлунково-кишкового тракту, синдрому дитячої смерті, аутизму та шизофренії. Зростає кількість людей з CMRA – імунологічною реакцією на один або декілька молочних білків. У той же час молоко, отримане від корів з генотипом A2A2 за бета-казеїном вважається гіпоалергенним. Слід зазначити, що при його

перетравленні бета-казоморфін не утворюється [73, 91, 110, 119, 121, 137, 157, 159, 162, 166].

В аспекті світових вимог сьогодення щодо контролю та зміни якості молочної сировини значної актуальності набуває питання наукових досліджень у популяціях худоби щодо наявності у молоці різних типів білків та формування стад тварин бажаних генотипів [75, 91, 119, 121, 172, 174, 182].

Зважаючи на актуальність досліджень щодо генотипу великої рогатої худоби за бета-казеїном у світі, аналогічні експерименти були проведені на поголів'ї корів різних порід північного сходу України, що стало складовою наших досліджень.

Згідно отриманих нами результатів ДНК-тестування локусу бета-казеїну на наявність А1 і А2-алельних варіантів у корів досліджуваних порід встановлено, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу А2А2 характеризуються тварини лебединської породи (57%). Також високу частоту цього генотипу мали корови української бурої молочної породи (46%). Тварини симентальської породи мали дещо менше значення частоти бажаного генотипу (42%), а тварини української чорно- та червоно-рябих молочних порід характеризувалися частотою 38 і 36% відповідно. Найбільша частота гетерозиготного генотипу А1А2 була характерна тваринам симентальської породи (51%). Дещо нижчою ця частота була у корів української бурої молочної, української чорно-рябої молочної, української червоно-рябої молочної порід – у межах 45-46%. Найнижчий показник зафіксований у худоби лебединської породи – 33%. Генотип А1А1 найчастіше зустрічався у худоби українських чорно-та червоно-рябих порід – в межах 17-18%.; найрідше – серед сименталів – 7 % .

Аналіз літературних даних показує, що дослідження цілого ряду науковців мали на меті визначення частот генотипів за бета-казеїном у популяціях худоби молочних і комбінованих порід [73, 78, 87, 110, 119, 125, 136, 190, 154, 163, 197]. Зокрема науковими експериментами італійських авторів доведено, що для худоби швіцької породи, яка розводиться на північному сході Італії найбільш поширеним генотипом був А2А2 (60,4%) [73],

що співпадає з результатами, отриманими на популяції українських бурих порід, у яких даний генотип також найчастіше зустрічався. Результати наших досліджень щодо частоти варіанту A1A2 у вітчизняній популяції симентальської породи співпадають із результатами досліджень чеських авторів, якими було встановлено, що найбільш поширеними у даній популяції були гетерозиготи за бета–казеїном A1A2 [137].

У нашому дослідженні було встановлено, що алель A2 бета–казеїну був більш поширеним у популяції лебединських корів (0,73), української бурої молочної породи (0,68) та симентальської (0,67). У тварин української чорно–та червоно–рябої молочних порід, при розведенні яких широко застосовуються бугаї голштинської породи, частота алелю A1 (0,397–0,411) була вищою у порівнянні з тваринами інших порід. Ці результати відповідають раніше опублікованим дослідженням інших авторів, згідно яких у тварин бурих порід частота алелю A2 складала 0,66–0,705 [100, 104].

Результати наших досліджень підтверджують аналогічні, які проведені іншими вченими. Так частота алелю A2 складає – 0,563 для сірої худоби; 0,400 – пінцгау; 0,750 – румунської червоної [175, 176]. Також інші дослідники зазначають, що молоко від гернзейської, джерсейської та азіатських порід великої рогатої худоби, містять переважно бета–казеїн A2. Молоко корів голштинської породи в основному містить бета–казеїн A1 [107, 166, 175, 178].

За результатами молекулярно–генетичного аналізу проведено визначення частоти розподілу генотипів та алелей бугаїв бурих порід за геном бета–казеїну. Зокрема встановлено, що частота бажаного генотипу A2A2 серед досліджених тварин склала у лебединській породі – 0,20; швіцькій – 0,80; їхніх помісях – 0,14; оригінальній бурій німецькій – 1,00. Частка носіїв генотипу A1A1 – відповідно 0,20; 0; 0,29; 0. Частота носіїв гетерозиготного генотипу A1A2 склала відповідно –0,60; 0,20; 0,57; 0. Частота носіїв алелю A1 у досліджених тварин становить –0,50; 0,10; 0,80; 0; а бажаного A2 – відповідно 0,50; 0,90; 0,20; 1,00.

Отримані нами результати майже співпадають з даними отриманими Kaminski S., Figiel L. [128]. За їхніми результатами частота алелю A1 у бугаїв



швіцької породи знаходиться в межах 0,09–0,15. Частота бажаного алелю A2 у бугаїв складає від 0,72 до 0,77.

Запропонована нами селекційна модель створення стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном у поєднанні з використанням сексованої сперми та генотипуванням телиць, має найвище селекційне прискорення створення гомозиготної популяції за бета-казеїном A2A2. Цьому сприятиме генетична структура бугаїв лебединської породи (80% гетерозигот за геном бета-казеїну A2), які є в наявності, що дозволяє формувати у наступних поколіннях гомозиготні за даною ознакою популяції. Залучення бугаїв оригінальної бурої німецької породи (OBV), до реципрокного схрещування 100% A2A2) дає шанс прискорити нарощування поголів'я гомозиготних бугайців та теличок для розведення. Маточне поголів'я лебединської породи (62% гомозигот і 38% гетерозигот) дозволяє передбачити в наступному поколінні значне зростання гомозиготності за бета-казеїном A2A2 особливо при використанні гомозиготних бугаїв. У перспективі пропонуємо проводити генотипування всього маточного поголів'я стада (корів та телиць), використовувати для відтворення лише плідників швіцької та лебединської породи оцінених за генотипом бета-казеїну (гомозигот A2A2). Для прискорення створення стада тварин з генотипами A2A2 за бета-казеїном пропонуємо використовувати сексовану сперму бугаїв-плідників бажаного генотипу [40].

Подібні результати у своїх дослідженнях також показують науковці інших країн, які стверджують, що схрещування двох тварин, які обидва мають генотип A2A2 за бета-казеїном дає 100% потомство з A2A2, так як і у випадку з двома носіями A1A1: 100% їх потомків будуть мати генотип A1A1. Оскільки той чи інший варіант бета-казеїну залежить лише від генетики, то швидкого рішення не існує. Виведення популяції худоби, від якої отримують лише молоко A2, потребує часу. При активному підході можна було б допускати до відтворення тільки потомство від корів, визначених як A2A2 за результатами досліджень. Пасивний підхід має на увазі використання у процесі підбору лише бугаїв з генотипом A2A2 за бета-казеїном. За використання другого підходу

частота бета-казеїну А1 в молоці скорочувалось би в два рази у кожному поколінні, тобто кожні 5 років [120, 136, 152, 166].

Згідно результатів наших досліджень стосовно молочної продуктивності первісток та повновікових корів встановлено, що формування стад з генотипом А2А2 за бета-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько-корисні ознаки тварин.

Результати наших досліджень узгоджуються з працями ряду закордонних авторів щодо вивчення впливу генотипу тварин за бета-казеїном на надій, вміст жиру, білка та інших складових у молоці у працях є свідченням його актуальності на даний час. Крім того аналіз літературних даних показує, що алель В білка бета-казеїну має позитивний вплив на сиропридатність. Він посилює вплив алелю В капа-казеїну, який обумовлює підвищений вміст в молоці білка та більш виражені технологічні якості під час виробництва сиру. За результатами досліджень інших науковців, як і у нашому випадку, за вмістом жиру і білка в молоці статистично достовірної різниці між худобою різних генотипів за бета-казеїном виявлено не було. Тобто це питання є суперечливим [79, 112, 119, 120, 123, 129, 136, 137, 159, 168, 180, 193].

Аналіз літературних джерел показує, що поряд із сучасними принципами, методами, лімітуючими складовими та параметрами добору поголів'я при формування молочних стад, актуальним залишається питання технологічності молока у процесі його переробки на молочні продукти, у тому числі сир. У цьому аспекті належне чільне місце протягом багатьох років належить капа-казеїну, як визначальному технологічному фактору [137].

Згідно результатів наших досліджень результати ДНК-тестування локусу капа-казеїну на наявність А і В-алельних варіантів у корів досліджуваних порід виявили, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу ВВ характеризуються тварини лебединської породи – 31%. Корови української чорно-рябої молочної породи мали значення частоти бажаного генотипу на рівні 15%, а худоба симентальської породи характеризувалася частотою генотипу ВВ у межах 10%. Найбільша частота гетерозиготного генотипу була притаманна коровам лебединської породи – 50%. Гомозиготні генотипи АА

найчастіше зустрічалися серед тварин української чорно-рябої молочної породи – 58%. Серед поголів'я бугаїв, допущених до використання на маточному поголів'ї, лише швіцька порода представлена плідниками виключно бажаних гомозиготних генотипів ВВ. У тварин інших порід більшість становлять гетерозиготні бугаї-плідники АВ та гомозиготні АА. Серед бугаїв симентальської породи взагалі відсутні особини з генотипом ВВ. Поголів'я плідників лебединської породи представлене тваринами всіх трьох генотипів за капа-казеїном, що дає можливість забезпечити варіабельність напрямків подальших наукових досліджень у процесі збереження локальної породи Сумщини. Результати ДНК-тестування локусу капа-казеїну на наявність А і В-алельних варіантів у плідників (генетичний матеріал) досліджуваних порід та помісних тварин виявили, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу ВВ характеризуються тварини бурої карпатської породи – 0,50. Помісні плідники української бурої молочної породи мали дещо менше значення частоти бажаного генотипу (0,40), а помісні тварини лебединської породи зі швіцькою, оригінальною бурою німецькою; бурої карпатської зі швіцькою мали частоту у межах 0,17–0,29. Серед бугаїв лебединської породи даний генотип не зустрічався. Найбільшою частотою гетерозиготного генотипу характеризувались помісні бугаї бурої карпатської та швіцької порід (0,73). Чистопородні плідники лебединської, бурої карпатської та помісі лебединської з оригінальною бурою німецькою мали частоту цього генотипу на рівні 0,50–0,57. Гомозиготний генотип АА виявлений у тварин лебединської породи з найбільшою частотою 0,50, а у тварин бурої карпатської породи та її помісей він взагалі не зустрічався.

У дослідженнях цілого ряду авторів спостерігалась зацікавленість у визначенні генетичної структури порід за капа-казеїном. Слід зазначити, що згідно досліджень Poulsen, N. A., Glantz, M., Rosengaard, A. K., Paulsson, M., Larsen L. B. (2017) у тварин симентальської породи найчастіше зустрічався варіант В (69,6%). Більша частота алеля А (62,5%) була притаманною худобі шведської червоно-рябої породи. Алелі А з частотою 65,5% та Е з частотою 17,2% найчастіше зустрічались у червоній шведській породи. Стосовно

генотипів за капа–казеїном встановлено, що у популяції худоби симентальської породи найбільш часто зустрічався генотип АВ (49%). Пропорційно генотипам були розподілені і частоти алелей – А – 64%, В – 35%, Е – 1% [84, 148, 175, 198].

Стосовно розподілу алелей у нашому дослідженні було встановлено, що алель В капа-казеїну був більш поширеним у популяції лебединської (0,558) худоби в порівнянні з алелем А (0,442). У тварин української чорно–рябої молочної породи (при розведенні якої широко застосовуються бугаї голштинської породи) та симентальської породи, навпаки частота алелю А (відповідно 0,712 та 0,671) була вищою від частоти алелю В (відповідно 0,288 та 0,329).

Ці результати відповідають раніше опублікованим дослідженням інших науковців, згідно яких у тварин бурих порід частота алелю В складала 0,66–0,705, а у симентальської породи була дещо нижчою – 0,566–0,630. Щодо результатів тестування тварин голштинської породи за даними різних авторів були отримані суперечливі результати [19, 73, 83, 84, 159].

Мікропопуляції з бажаним гомозиготним генотипом ВВ за капа–казеїном створюють передумови покращення якості молока як сировини для спеціалізованих молокопереробних підприємств з виробництва сиру. Проведені нами дослідження свідчать, що тварини з бажаним генотипом ВВ не поступаються за величиною надою тваринам з гетерозиготним генотипом АВ та гомозиготним – АА. Між первістками української бурої молочної породи різних генотипів за капа–казеїном статистично значущої різниці за показниками молочної продуктивності не встановлено. Хоча відмічаємо, що гетерозиготні (АВ) тварини поступалися гомозиготним (АА та ВВ) за величиною надою. При цьому за якісними показниками перевагу мали тварини з генотипами АА та АВ. За результатами вищої лактації гомозиготні тварини (АА та ВВ) переважали гетерозиготних (АВ) за величиною надою, відповідно на 1091 та 922кг ( $p < 0,05$ ). Вищим вмістом жиру в молоці характеризувалися тварини і з генотипом АА, білка – АВ, хоча статистичної значущої різниці між досліджуваними групами не встановлено. Проте, тварини з гетерозиготним

АВ генотипом за середньою кількістю молочного жиру поступалися гомозиготним з генотипами АА та ВВ тваринам ( $p < 0,05$ ).

Отримані нами результати не співпадають з опублікованими іншими дослідниками [127, 152], за даними яких тварини з генотипом АА мали вищі надої, але поступалися тваринам з генотипами АВ або ВВ за якісними показниками.

Тому ми можемо стверджувати, що саме голштинські бугаї мали істотний вплив на формування генотипу, а відповідно і продуктивних ознак корів. Дослідники [71, 157, 159], стверджують, що коровам голштинської породи характерна низька частота бажаного генотипу ВВ за капа–казеном. Наші результати повністю співпадають з даними інших науковців.

Нами встановлено, що частота за капа–казеїном варіює залежно від походження тварин. Так більшою частотою, як бажаного гомозиготного генотипу ВВ (20%), так і гомозиготного генотипу АА (60%) характеризувалися тварини сумського типу української чорно–рябої молочної породи. Більша частота гетерозиготного генотипу АВ (36%) була притаманна худобі української чорно–рябої молочної породи. При цьому частота алелей була майже однаковою. Фактична гетерозиготність була дещо нижчою ніж очікувана, особливо у тварин сумського внутрішньопородного типу.

Згідно наших досліджень генотип за капа–казеїном не впливав на ріст телиць. Це свідчить про те, що при створенні стад тварин з бажаним генотипом ВВ, показники росту ремонтних телиць не будуть погіршуватись.

Наступні результати наших досліджень показують, що за надоєм за першу лактацію тварини з бажаним генотипом (ВВ) поступалися тваринам інших генотипів та середньому значенню по стаду. Проте тварини всіх генотипів перевищували стандарт породи за надоєм. Гомозиготні (АА) тварини перевищували його на 2783 кг, гетерозиготні (АВ) – на 2872 кг, гомозиготні (ВВ) – на 2132 кг.

Закордонні науковці у своїх працях пропонують для підвищення відсотку частоти алелю В використовувати у програмах селекції молочного поголів'я бугаїв–плідників лише генотипів АВ та ВВ за капа–казеїном. Для збільшення

частоти алелю В передбачено використання у програмах розведення молочної худоби бугаїв з генотипами ВВ і АВ при штучному осіменінні. Ці ж дані констатують українські дослідники. Отже високий відсоток худоби, що мають генотип ВВ у популяції або стаді забезпечує підвищений вихід сиру у процесі переробки молока [3, 20, 164].

Згідно даних досліджень інших авторів корови бурих порід мають більшу частоту бажаного генотипу ВВ за капа-казеїном, а також вищий вміст білка, казеїнових білків та кальцію [23, 68]. Нашими наступними дослідженнями було доведено, що молоко від корів, які належать до бурих порід є більш придатним для виробництва сиру. Показники сиропридатності (час згортання молока від бурих порід 33,5-35,3 хвилин, симентальської – 40,0 хвилин). дозволяють стверджувати, що молоко, яке отримане від української бурої молочної і лебединської порід корів, може бути використано для виробництва сиру за скороченим технологічним процесом. Внаслідок цього можуть бути скорочені енергетичні витрати на виробництво, та зменшиться собівартість сиру.

Це підтверджується даними інших авторів. При виробництві сиру одним з важливих показників є маса молока, витраченого на виготовлення 1 кг продукту. Якщо проаналізувати норми витрат сировини на 1 кг сиру, то очевидним є менші витрати молока від корів бурих порід [14, 23, 61, 67, 68, 82].

У дослідженнях багатьох авторів висвітлене питання вивчення частоти комплексних генотипів порід великої рогатої худоби за бета– та капа–казеїном у працях значного числа закордонних вчених відбувається в аспекті визначення їхнього поширення і диференціації в межах порід та інших генеалогічних груп та впливу їхніх варіантів поєднань на продуктивні якості тварин [101, 102, 183, 195].

Отримані нами результати дослідження з визначення частки комплексних генотипів за бета – та капа–казеїном засвідчили, що у корів лебединської породи найчастіше зустрічалися три генотипи: А1А2/АВ (23%), А2А2/АВ (26%), А2А2ВВ (17%). У корів української бурої молочної породи найчастіше спостерігалися чотири генотипи: А1А2/АА (20%), А1А2/АВ (21%), А2А2/ВВ (31%), А2А2/АВ (16%). Симентальській породі в більшості випадків були

характерні три комплексні генотипи: A2A2/AA (22%), A1A2/AB (21%), A2A2/AB (19%). У корів української чорно–рябої молочної породи найчастіше зустрічалися три комплексні генотипи: A1A2/AA (27%), A2A2/AA (23%) та A1A1/AB (23%). Серед бугаїв голштинської породи, які використовуються на маточному поголів'ї української чорно–рябої молочної породи, більшість із плідників мали комплексний генотип A2A2/AB. Частка бугаїв–плідників бажаного комплексного генотипу A2A2/BB складала лише 8,49%. Серед плідників швіцької породи бажані комплексні генотипи мали 75% оцінених бугаїв. Серед бугаїв–плідників симентальської породи не виявлено тварин з бажаним комплексним генотипом A2A2/BB. У більшості плідників лебединської породи, сперма яких зберігається в спермобанку був комплексний генотип A1A2/AA та A1A1/AB. Лише у одного плідника був бажаний генотип A2A2/BB.

Отримані нами результати не в повній мірі збігаються з даними інших дослідників. Так, у тварин української чорно–рябої молочної породи, у створенні та вдосконаленні якої брала участь голштинська порода, частота генотипу A1A2/AA складала 27%, A2A2/AA – 23%, а A1A2/AB не зустрічався в загальному, тоді як за дослідженнями науковців встановлено, що тваринам голштинської породи характерна більша частота комплексному генотипу A1A2/AA – 36,4%. Генотипи A1A2/AB та A2A2/AA зустрічалися відповідно 14,9 та 17,5 % [159]. За іншими дослідженнями, у тварин голштинської породи найпоширеніші генотипи були A2A2/AA та A1A2/AA, із частотою 27,4 та 23,1% відповідно. Частота решти 31 генотипів становила менше 8%, у тому числі 20 генотипів із відсотком менше 1% [193].

Згідно результатів пошукувань, наведених колективом авторів Nina A. Poulsen, Maria Glantz, Anette K. Rosengaard, Marie Paulsson and Lotte B. Larsen тварини симентальської породи характеризувались більшою часткою комплексного генотипу A2A2/AB [173]. За результатами наших досліджень перевагу мав генотип A1A2/AB (27%), а генотип A2A2/AB зустрічався з частотою 19%.

Аналіз літературних даних показує, що в аспекті збереження генофонду лебединської породи великої рогатої худоби особливої актуальності набуває ДНК–типуння аборигенних порід тварин для виявлення унікальних генетичних комплексів адаптивності та алелей, асоційованих із проявом економічно важливих ознак, [17, 52, 55].

Проведені нами генетичні дослідження показали, що лебединська порода та оригінальна бура німецька порода поєднані в одному кластері, але в різних субкластерах, що може бути результатом одновекторної селекції цих порід з метою підвищення адаптивності до місцевих умов розведення. Це дозволяє використовувати сперму вихідних плідників бурої німецької породи на племінному поголів'ї лебединської породи, що дозволяє розширити його генеалогічну структуру та запобігти небажаному інбридингу з подальшим використанням генеративних матеріалів плідників лебединської породи, що зберігаються в Національному банку генетичних ресурсів.

Дослідження ряду науковців підтверджують, що формування мікропопуляцій з унікальними продуктивними властивостями, зокрема з генотипом A2A2 за бета–казеїном, у межах малочисельних зникаючих порід худоби в сучасних умовах може бути одним із перспективних та економічно обумовлених шляхів збереження цінних генетичних комплексів, які знаходяться на межі зникнення [74, 167, 188].

Отримані нами результати ДНК–тестування локусу бета–казеїну на наявність A1 і A2–алельних варіантів у плідників досліджуваних порід та помісних тварин виявили, що найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу A2A2 характеризуються помісні тварини лебединської породи та OBV – 56.5%. Їм дещо поступалися плідники білоголової української поорди - 50%. У цілому використання плідників бажаних генотипів у селекційному процесі може бути одним із методів подальшого збереження генофондних стад.



## ВИСНОВКИ

У дисертації викладено методологічні підходи щодо формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями, розроблені за використання селекційно-генетичних методів на основі результатів ДНК-тестувань великої рогатої худоби за локусами бета-казеїну шляхом математично-статистичного аналізу кількісних та якісних показників молочної продуктивності худоби, хімічного складу молока, онтогенетичного розвитку молодняка. Зроблений аналіз поголів'я за генотипами бета- і капа-казеїну та комплексним генотипом за бета- і капа-казеїном. Вивчена можливість збереження та подальшого розвитку унікальних локальних популяцій худоби за використання популяційно-генетичних методів.

1. Серед корів встановлено наступні частоти бажаного генотипу A2A2 за бета-казеїном: лебединська порода – 57%, українська бура молочна порода – 46%, симентальська – 42%, українська чорно- та червоно-ряба молочна – 38% і 36% відповідно. Серед бугаїв генотип A2A2 за бета-казеїном зустрічався з наступною частотою: генетичний матеріал плідників лебединської породи різних генотипів (генофондне сховище) – 17%; живі бугаї лебединської породи – 52%; українська бура молочна – 60%; симентальська – 46%; українська чорно-ряба молочна – 30%, українська червоно-ряба молочна – 33%.

2. Висока частота генотипу A2A2 за бета-казеїном у популяціях бурих порід забезпечує перспективу досить швидкого формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за бета-казеїном у стадах шляхом використання розробленої методики. Формування унікальних мікропопуляцій худоби за бета-казеїном у стадах інших досліджених порід потребує більш тривалого часу.

3. Аналіз показників росту молодняка, відтворювальної здатності поголів'я, молочної продуктивності первісток та повновікових корів свідчить, що формування стад з генотипом A2A2 за бета-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько-корисні ознаки тварин.

4. Встановлена частота бажаного генотипу ВВ за капа-казеїном корів молочних і комбінованих порід, у тому числі локальних: лебединська – 31%, українська

бура молочна – 30%; симентальська – 10%, українська чорно-ряба молочна – 15%. Генотип ВВ за капа-казеїном зустрічався серед наявного у сховищах генетичного матеріалу бугаїв та вирощених бугайців різних порід з такою частотою: лебединська чистопородна – 0%, помісі лебединської зі швіцькою – 29%, бура карпатська чистопородна – 50%, помісі бурої карпатської зі швіцькою – 27%, помісі лебединської з оригінальною бурою німецькою – 20%, помісі української бурої молочної з оригінальною бурою німецькою – 40%. Серед бугаїв, допущених до використання, найвищою частотою гомозигот ВВ гену капа-казеїна характеризувалися плідники швіцької та джерсейської порід (відповідно 100% та 86,2 %).

5. Результати досліджень впливу генотипу за капа-казеїном на показники росту і молочну продуктивність худоби українських бурої та чорно-рябої молочної порід засвідчують, що формування стад з генотипом ВВ за капа-казеїном не матиме негативного достовірного впливу на господарсько-корисні ознаки тварин, і таким чином забезпечить збереження бажаних показників продуктивності худоби стад з бажаним генотипом.

6. Результати вивчення технологічних якостей молока при виробництві твердого сиру (тривалість згортання молокозсідальним ферментом – 33,5-34,25 хв; фаза гелеутворення 4,8-5,0 хв; щільність сичужного згустку 3,05-3,10 г/см<sup>3</sup>, витрати молока на виробництво 1 кг зрілого сиру), та показники сиропридатності (співвідношення жир/білок на рівні 1,06); дозволяють стверджувати, що молоко, отримане від української бурої молочної і лебединської порід корів, може бути використано для виробництва сиру за скороченим технологічним процесом.

7. Корови лебединської породи найчастіше мали три комплексні генотипи за бета- і капа-казеїном: А1А2/АВ (23%), А2А2/АВ (26%), А2А2/ВВ (17%). У корів української бурої молочної породи частіше всього спостерігалися чотири генотипи: А1А2/АА (20%), А1А2/АВ (21%), А2А2/ВВ (31%), А2А2/АВ (16%). Симентальській породи були характерні три комплексні генотипи: А2А2/АА (22%), А1А2/АВ (21%), А2А2/АВ (19%). У корів української чорно-рябої

молочної породи найчастіше зустрічалися три комплексні генотипи:

A1A2/AA (27%), A2A2/AA (23%) та A1A1/AB (23%).

8. Питома вага бугаїв-плідників бажаного комплексного генотипу A2A2/BB 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 A2A2/BB не виявлено. Бугаї бажаного комплексного 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 інших комплексних генотипів за деякими показниками.

9. Встановлено відсутність впливу комплексного генотипу за бета- і капа-казеїнами на господарсько-корисні ознаки тварин українських бурої та чорно-рябої молочних порід (зокрема, ріст телиць, відтворювальну здатність поголів'я, показники молочної продуктивності худоби).

10. Проведені генетичні дослідження показали, що лебединська порода та оригінальна бура німецька порода поєднані в одному кластері, що може бути результатом одновекторної селекції цих порід з метою підвищення адаптивності до місцевих умов розведення. Це дозволяє використовувати сперму вихідних плідників бурої німецької породи на племінному поголів'ї лебединської породи, що розширить його генеалогічну структуру та сприятиме уникненню небажаного інбридингу.

11. Оцінено генотипи бугаїв-плідників інших порід України за казеїном в контексті передумов створення та збереження популяцій худоби з генотипом A2A2 за бета-казеїном і встановлено, що тварини з бажаним генотипом зустрічалися з наступною частотою: білоголова українська – 50%; сіра-українська – 18,1%; бура карпатська – 30%; голштинська – 20%.

12. Рентабельність виробництва молока від корів A2A2 за бета-казеїном в умовах ДП ДГ Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН перевищує рентабельність виробництва ординарного молока на 10,8% і становить 35,7%.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Враховуючи економічні результати наукових досліджень, рекомендується формування мікропопуляцій худоби з генотипом A2A2 за бета-казеїном у стадах великої рогатої худоби молочного і комбінованого напрямів продуктивності, у т.ч. локальних.
2. Оскільки найбільшою частотою бажаного гомозиготного генотипу A2A2 за геном бета-казеїну характеризуються тварини лебединської породи (57%), української бурої молочної породи (46%) пропонуємо створювати мікропопуляції з унікальними продуктивними властивостями худоби в першу чергу саме в господарствах з розведення тварин бурих порід. При цьому, використовувати розроблену нами селекційну модель, яка у поєднанні з використанням сексованої сперми та генотипуванням телиць, забезпечить найвище селекційне прискорення при створенні гомозиготної популяції за бета-казеїном A2A2.
3. При формуванні стад худоби з генотипом A2A2 за бета-казеїном вважаємо за доцільне враховувати генотип тварин за капа-казеїном, що забезпечить виробництво молока з генотипом A2A2 за бета-казеїном у поєднанні з підвищеним виходом сиру, та сприятиме ще більшому підвищенню рентабельності галузі скотарства.
4. При формуванні мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями пропонуємо використовувати дані наших досліджень щодо частоти бажаних генотипів за бета-, капа-казеїном та комплексним генотипом серед плідників, у тому числі й бугаїв локальних і зникаючих порід, генетичний матеріал яких використовується у стадах.
5. Генетичний аналіз бугаїв бурих порід за даними полілокусного ISSR-PCR типування та оцінка плідників за генотипом бета-казеїну в контексті передумов збереження унікальних популяцій худоби насичених генотипом A2A2 за бета-казеїном підтвердили необхідність розробки спеціальних програм розведення малочисельних порід тварин з використанням генетичної інформації, необхідної для планування парувань для запобігання втрати генетичного різноманіття місцевих порід тварин.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бащенко М. І., Гладій М. В., Полупан Ю. П., Ковтун С. І., Бородай І. С. Теоретико-методологічні та науково-організаційні засади становлення банку генетичних ресурсів сільськогосподарських тварин інституту розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН. *Розведення і генетика тварин*. 2017. Вип. 53. С. 7 -14. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.53.01>.
2. **Бойко Ю. М.** Продуктивні якості худоби лебединської породи на сучасному етапі селекції. *Вісник Сумського НАУ. Серія: «Тваринництво»*. Суми, 2014. Вип. 2/1 (24). С. 79–84.
3. Бондарук В. С., Музика Л. І., Бондар П. В., Жмур А. Й., Орхівський Т. В. Нові можливості ефективної селекції у скотарстві на основі вивчення геному. *Вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій С.З.Гжицького*. 2017. № 19, Т. 79. С. 32-37. URL: <https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture/article/view/2345/2331>.
4. Вишневський Л. В. Інформаційна система у тваринництві як складова стратегії збереження біорізноманіття. *Розведення і генетика тварин*. 2017. Вип. 53. С. 15-21. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.53.02>.
5. Вовчок С. В. Системи управління конкурентним розвитком підприємств молокопереробної галузі. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2020. № 4 (86). С. 35-41.
6. Вовчок С. В. Управління конкурентним розвитком молокопереробних підприємств : монографія. Суми : СНАУ, 2020. 324 с.
7. Вовчок С. В., Блюмська-Данько К. В. Використання інструментів креативного маркетингу вітчизняними підприємствами. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Економічні науки»*. 2020. № 6. С. 280-286.
8. Глазко В. И., Глазко Г. В. Введение в ДНК технологию и биоинформатику / [под ред. Т. Т. Глазко]. Киев, 2001. 544 с.

9. Гончаренко І. В.    Методологія системної оцінки генотипу високопродуктивних корів : монографія. Київ: Аграрна наука, 2011. 352 с.7
- 10.Гузеев Ю. В. Исследования генных модификаций каппа-казеина молока крупного рогатого скота. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва* : зб. наук. Праць / Білоцерк. нац. аграрний ун-т. Біла Церква, 2011. Вип. 6(88). С. 37–42.
- 11.Гузев Ю. В.,    Сидоренко О. В.,    Вишневський Л. В.    Характеристика генетичної структури плідників бурої карпатської породи за геном капа-казеїну (CSN3). *Розведення і генетика тварин*. 2017. Вип. 54. С. 216–221.
- 12.Данько Ю. І.,    Вовчок С. В.    Методологічні засади оцінки ефективності управління конкурентним розвитком підприємств. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: «Економічні науки»*. 2020. № 6 (149). С. 64-70.
- 13.Дідух Н. А.,    Чагоровский О. П.,    Лисогор Т. А.    Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення. Одеса : Поліграф, 2008. 236 с.
- 14.Єресько Г. О.,    Жукова Я. Ф.,    Насирова Г. Ф.    Залежність виходу твердих сичужних сирів від якості молочної сировини. *Молочна промисловість*. 2005. № 10 (25). С. 30–31.
- 15.Ільницька Т. Є.,    Сидоренко О. В.,    Ягусевич Ю. С.,    Лещенко Н. М.    Поліський кінь: історія походження та сучасний стан. *Розведення і генетика тварин*.    2020.    Вип. 59.    С. 136-141. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.59.15>.
- 16.Історія Інституту розведення і генетики тварин у подіях, фактах, біографія учених / НААН, ІРГТ; наук. ред.. К.В. Копилов. Київ : ПП «Люксар», 2012. 368 с.
- 17.Копилов К.В.,    Метлицька О. І.,    Мохначова Н. Б.,    Супрович Т. М.    Молекулярно-генетичний моніторинг у системі збереження генетичних ресурсів тварин. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 6. С. 43-47.

- 18.Копилов К. В. Поліморфізм генів асоційованих з господарсько корисними ознаками (qtl) у різних порід великої рогатої худоби. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2010. Т. 12, № 3(45), Ч. 3. С. 52-58.
- 19.Копилов К. В. Поліморфізм генів, асоційованих з господарсько корисними ознаками (QTL) у різних порід великої рогатої худоби. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2010. Т. 8, № 2. С. 223-228.
- 20.Копилова К. В. Молекулярно-генетичні маркери в системі збереження біорізноманіття сільськогосподарських тварин : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : спец. 03.00.15 «Генетика» / Ін-т розведення та генетики тварин. Чубинське, 2012. 36 с.
- 21.Копилова К. В., Шельов А. В., Березовський О. В., Копилов К. В., Россоха В. І. Генетична структура різних порід великої рогатої худоби за молекулярно-генетичними маркерами. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2013. № 110. С. 76-83.
- 22.Кругляк А. П. Банк генетичних ресурсів – основа створення, розвитку нових та збереження малочисельних порід. *Розведення і генетика тварин*. 2017. Вип. 53. С. 43-50. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.53.06>.
- 23.Ладика В. І. Селекційні аспекти якісного удосконалення популяції лебединської худоби : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук / [Ін-т розведення і генетики тварин]. Чубинське, 1999. 32 с.
- 24.Ладика В. І., **Бойко Ю. М.** Екстер'єрні особливості бугаїв, які брали участь у створенні сумського типу в українській чорно-рябій молочній породі. *Матеріали міжнародної науково–практичної конференції, присвяченої 80–річчю від дня народження видатного вченого–селекціонера, доктора сільськогосподарських наук, професора, члена–кореспондента НААН Басовського Миколи Захаровича*. Біла Церква, 2015. С. 13.
- 25.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.** Скляренко Ю. І. Аналіз молочної продуктивності корів української бурої молочної породи різних

генотипів за бета–казеїном. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2021. № 1. С. 74–81.

- 26.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Древицька Т. І., Досенко В. Є., Скляренко Ю. І, Бартенєва Л. С. Дослідження поліморфізму гену бета–казеїну та його зв'язок з складом молока у корів симентальської порід. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2021. Вип. 62. С. 106–114.
- 27.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І. Аналіз молочної продуктивності корів української бурої молочної породи різних генотипів за капа–казеїном. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2021. № 1. С. 74–81.
- 28.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І. Зміна генетичної структури за генотипом  $\beta$ –казеїну у стаді худоби лебединської породи. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Тваринництво»*. Суми, 2021. Вип. 2 (45). С. 3–8.
- 29.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І. Ладика Л. М., Левченко І. В. Вплив генотипу за бета–казеїном на якісні показники молока у худоби бурих порід. *Вісник Сумського національного аграрного університету Серія: «Тваринництво»*. Суми, 2021. Вип. 4 (47). С. 7–12.
- 30.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І. Особливості формування господарсько–корисних ознак у корів сумського внутрішньопородного типу української чорно–рябої молочної породи різних генотипів за бета–казеїном. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. Суми, 2022. Вип. 2 (49). С. 20–22.
- 31.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І. Формування генеалогічної структури худоби української чорно–рябої молочної породи в сумському регіоні та дослідження її впливу на генотип корів за капа–казеїном. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2021. Вип. 61. С. 126–136.
- 32.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І., Древицька Т. І., Досенко В. Є. Формування господарсько–корисних ознак у корів української чорно–рябої молочної породи різних генотипів за капа–



казеїном. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2022. № 1. С. 83–89.

- 33.Ладика В. І., **Павленко Ю. М.**, Скляренко Ю. І., Малікова А. І. Особливості формування генеалогічної структури української чорно–рябої молочної породи в Сумському регіоні та дослідження її впливу на генотип корів за  $\beta$ –казеїном. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Тваринництво»*. Суми, 2021. Вип. 1 (44). С. 3–10.
- 34.Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Аналіз бугаїв–плідників молочних порід за комплексними генотипами бета– і капа казеїну. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2020. Вип. 60. С. 99–109.
- 35.Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Оцінка бугаїв–плідників за алельними варіантами гену капа–казеїну. *Подільський вісник*. Кам'янець-Подільський, 2020. Вип. 32. С. 45–53.
- 36.Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Перспективи збереження лебединської породи. *Розведення і генетика тварин*. Київ : Аграрна наука, 2018. Вип. 55. С. 225–235.
- 37.Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Формування господарсько–корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних генотипів за бета–казеїном. *Тваринництво Степу України*. 2022. Т. 1, № 1. С. 22–28.
- 38.Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Формування господарсько–корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних генотипів за капа–казеїном. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2022. Вип. 63. С. 161–168.
- 39.Ладика В. І., Скляренко Ю. І., Павленко Ю. М. Характеристика генетичної структури за геном  $\beta$ -казеїну плідників, допущених до використання в Україні у 2020 році. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2020. № 1 (156). С. 39-45. URL: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-39-45>.
- 40.Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Характеристика генетичної структури плідників лебединської породи за геном капа–

казеїну (CSN3). *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2018. Вип. 56. С. 157–160.

41. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Характеристика генетичної структури плідників лебединської породи за генами бета (CSN2)– та капа–казеїну (CSN3). *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2020. Вип. 2(157). С. 89–97.
42. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.** Характеристика генетичної структури за геном  $\beta$ –казеїну плідників, допущених до використання в Україні у 2020 році. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. Біла Церква, 2020. Вип. 1(156). С. 39–45.
43. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., **Павленко Ю. М.**, Малікова А. І. Порівняльна оцінка молочної продуктивності корів української бурої молочної породи різних генотипів за  $\beta$ –казеїном. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. Суми, 2020. Вип. 3(42). С. 3–7.
44. Ладика В., **Павленко Ю.**, Скляренко Ю. Формування господарсько–корисних ознак у корів української чорно–рябої молочної породи різних комплексних генотипів CSN2/CSN3. *Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва: історія, проблеми, перспективи* : матеріали Всеукраїнської науково–практичної інтернет конференції присвяченої 45–річчю створення Сумського національного аграрного університету. Суми, 2022. С. 50–51.
45. Ладика В. І., **Павленко Ю. Н.**, Скляренко Ю. І. Производство молока А2 в Украине. *Наука и инновации: международная научная конференция молодых учёных*. Узбекистан, 2021. С. 224–226.
46. Ладика В. І., Павленко Ю. Н., Скляренко Ю. І. Влияние генотипа коров по каппа–казеинам на биохимический состав молока. *Inovații în zootehnie și siguranța produselor animaliere – realizări și perspective* : conferința științifico–practică cu participare internațională. Maximovca, 2021. С. 385–389.

- 47.Ладыка В. И., Скляренко Ю. И., **Павленко Ю. Н.** Перспективные методы сохранения бурого скота северного востока Украины. «*GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: CENTRAL ASIA*» атты V Халықар. ғыл.–тәж. конф. Материалдары (Т. X)/ Қыраст.: Е. Ешім, Е. Абиев т.б. Астана, 2019. С. 60–63.
- 48.Ладыка В. И., Скляренко Ю. И., **Павленко Ю. Н.** Показатели природной резистентности коров молочных пород Украины. *85 ania i Facultăți de Agronomie – realizări și perspective : materialele Simpozionului Științific Internațional, dedicat aniversării a 85 de ani de la fondarea Universității Agrare de Stat din Moldova*. Chișinău, 2018. P. 222–226.
- 49.Ладыка В., Скляренко Ю., **Павленко Ю.** Методы сохранения и улучшения генофонда бурого скота Северо-Востока Украины. *Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwründe ylym, tehnika we innowasion tehnologiýalar» atly halkara ylmy maslahatyň nutuklarynyň gysgaça beýany*. V. I. *Aşgabat*. Ylym, 2018. P. 203.
- 50.Малікова А., Ладика В., Скляренко Ю., **Павленко Ю.** Формування молочного стада для виробництва молока А2 с. *Біологія тварин*. 2020. Т. 22, № 4. Матеріали конференції молодих вчених «Молоді вчені у розв'язанні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини». 3–4 грудня 2020 р. С. 76.
- 51.Маслак О. М., Самілик М. М., Вовчок С. В. Перспективи розвитку регіонального ринку молока та молочної продукції Сумської області. *Регіональна економіка*. 2020. № 12. С. 57-65.
- 52.Метлицька О. І., Ковтун С. І., Палькіна М. Д. ДНК-паспортизація порід бджіл України в системі збереження і вдосконалення їх генофонду. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 7. С. 39-43.
- 53.Метлицька О. І., Копилов К. В., Березовський О. В. Сучасні молекулярно-генетичні підходи для підвищення ефективності селекційного процесу в тваринництві України. *Розведення і генетика тварин : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2016. № 51. С. 193-200.

- 54.Методики наукових досліджень із селекції, генетики та біотехнології у тваринництві / В. П. Буркат, М. Я. Єфименко, Є. М. Рясенко [і ін.]. Київ : Аграрна наука, 2005. 248 с.
- 55.Методологія оцінки генотипу тварин за молекулярно-генетичними маркерами в тваринництві України / К.В. Копилов, К.В. Копилова, В.М.Балацький, О.І.Метлицька ; за наук. ред. акад. Гладія М.І. Київ : Аграрна наука, 2014. 248 с.
- 56.Мохаммад Райес, Ул Хак, Раджив Капила, Рохит Шарма, Вамши Салиганті, Суман Капила. Сравнительная оценка двух типов молочного бета-казеина (А1 и А2) по Th2-опосредованной воспалительной реакции в кишечнике мышей. *Европейский журнал диетологии*. 2014. Вып. 53. С. 1039-1049. DOI 10.1007/s00394-013-0606-7.
- 57.Особливості формування генеалогічної структури сумського внутрішньопородного типу української чорно-рябої молочної породи та генетична оцінка тварин за локусами пов'язаними з якісними показниками молочної продуктивності : монографія / В. І. Ладика, Ю. І. Скляренко, Ю. М. Павленко [та ін.]. Одеса : Олді+, 2022. 286 с.
- 58.Павленко Ю. М. Динаміка показників природної резистентності корів української чорно-рябої молочної породи упродовж лактації. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. С. 184–190.
- 59.Павленко Ю., Ладика В., Скляренко Ю. Формування господарсько-корисних ознак у корів української бурої молочної породи різних комплексних генотипів CSN2/CSN3. *Тези доповідей XX Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої 90-річчю від дня народження доктора біологічних наук, професора, члена-кореспондента НААН, заслуженого діяча науки і техніки України Макара Івана Арсентійовича*. Львів, 2022. С. 55.
- 60.Плівачук О. П., Димань Т. М., Облап Р. В. Сиропридатність молока корів української чорно-рябої молочної породи з різними генотипами капаказеїну, бета-лактоглобуліну та пролактину. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2016. № 2. С. 116-120.

61. Приходько М. Ф. Оцінка продуктивності та технологічних властивостей молока новостворених порід і типів худоби північно-східного регіону України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.02.04. Херсон, 2009. 22 с.
62. Резникова Н. Л. Поліська порода великої рогатої худоби. *Розведення і генетика тварин*. 2022. Вип. 63. С. 191-198. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.63.18>.
63. Селекційні, генетичні та біотехнологічні методи удосконалення і збереження генофонду порід сільськогосподарських тварин / М. В. Гладій, Ю. П. Полупан [та ін.] ; за ред.: М. В. Гладій, Ю. П. Полупан; ІРГТ ім. М. В. Зубця НААН. Полтава : ТОВ «Фірма «Техсервіс», 2018. 791 с.
64. Склярєнко Ю. І., **Павленко Ю. М.**, Щербак О. В., Троцький П. А. Селекційні та біотехнологічні підходи щодо збереження генофонду української бурої молочної породи. *Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини* : матеріали XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченій 100-річчю від дня народження доктора біологічних тварин Третєвича В. І. Львів, 2018. Т. 20. Біологія тварин, № 4. С. 135.
65. Супрович Т. М., Мохначова Н. Б. Поліморфізм генів господарсько-корисних ознак сірої української породи великої рогатої худоби. *Біологія тварин*. 2017. Т. 19, № 1. С. 111-118.
66. Хмельничий Л. М., **Павленко Ю. М.** Генетичні маркери в селекції та збереженні генофонду бурої худоби Сумського регіону. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. Суми, 2021. Вип. 1(44). С. 3–11.
67. Чагоровський О. П., Ткаченко Н. А., Лисогор Т. А. Хімія молочної сировини : посібник. Одеса : «Сімекс-Прінт», 2013. 268 с.
68. Чумель Р. А. Генетико-біохімічні та продуктивні особливості худоби північно-східного регіону України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.02.01 / [Інститут розведення і генетики тварин]. Чубинське, 2004. 21 с.

69. Шкурко Т. П., Іванов О. І., Іванов І. А., Оцінка молочної продуктивності первісток голштинської породи за геном капа-казеїну. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 3. С. 56-59. URL: <http://ojs.dsau.dp.ua/index.php/vestnik/article/view/876>.
70. Яремчук І. М., Шаран М. М. Сучасні можливості аналізу якості сперми і розрахунку спермодоз. *Біологія тварин*. 2012. Т. 14, № 1/2. С. 697–703.
71. Adamov Nikola, Atanasov Branko, Ilievska Ksenija, Nikolovski Martin, Dovenska Monika, Petkov Vladimir, DovenskiMacedonian Toni. Allele and genotype frequencies of the kappa-casein (CSN3) locus in macedonian holstein-friesian cattle *Veterinary Review*. 2020. Vol. 43 (1). P. 45-54.
72. Adamov Nikola, Mickov Ljupčo, Petkov Vladimir, Adamov Mihajlo. Microsatellite markers for pedigree verification in cattle. *Macedonian Journal of Animal Science*. 2011. Vol. 1, № 1. P. 9–15.
73. Amalfitano N., Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., Malacarne M., Summer A., Bittante G. Milk protein fractions strongly affect the patterns of coagulation, curd firming, and syneresis. *J. Dairy Sci.* 2018. Vol. 102. P. 2903–2917. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15524>.
74. Amatya Gorkhali N., Sherpa C., Koirala P., Sapkota S. & Pokharel B. R. The Global Scenario of A1, A2  $\beta$ -Casein Variant in Cattle and its Impact on Human Health. *Global Journal of Agricultural and Allied Sciences*. 2021. Vol. 3(1). P. 16-24. <https://doi.org/10.35251/gjaas.2021.003>.
75. Anggraenia A., Sumantrib C., Farajallahc A., Andreasd E. Kappa-Casein Genotypic Frequencies in Holstein-Friesian Dairy Caw lein West Java Province. *Media Peternakan*. 2010. Vol. 33, No. 2. P. 61-67. URL: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/mediapeternakan/issue/view/229>.
76. Askari N., Abadi M. M., Baghizadeh A. ISSR markers for assessing DNA polymorphism and genetic characterization of cattle, goat and sheep populations. *Iranian Journal of Biotechnology*. 2011. Vol. 9(3). P. 222-229.
77. 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.  
URL: <https://www.cbmguzera.com.Br/artigostecnicos/artigostecnicospdf/Genetic%20polymorphism%20of%20the%20kappa-casein%202008.pdf>.
78. Barany M., Aosze Zs., Buchberger J., Krause Genetic I. Polymorphism of Milk Proteins in Hungarian Spotted and Hungarian Grey Cattle: A Possible New Genetic Variant of  $\beta$ -Lactoglobulin. *Journal of Dairy Science*, 1993. Vol. 76, No.2. P. 630-635.
79. Bech A.-M. und Kristiansen K. R. Milk protein polymorphism in Danish dairy cattle and the influence of genetic variants on milk yield. *Journal of Dairy Research*. 1990. Vol. 57. P. 53-62.
80. Beja-Pereira A., Alexandrino P., Bessa I., Carretero Y., Dunner S., Ferrand N., Jordana J., Laloë D., Moazami Goudarzi K., Sanchez, A. and Canon J. Genetic characterization of Southwestern European bovine breeds: a historical and biogeographical reassessment with a set of 16 microsatellites. *J. Hered.* 2003. Vol. 2. P. 243-50.
81. Bentivoglio D., Finco A., Bucci G., Staffolani G. Is There a Promising Market for the A2 Milk? *Analysis of Italian Consumer Preferences Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 2-16. <https://doi:10.3390/su12176763>.
82. Bergamaschi M., Cipolat-Gotet C., Stocco G., Valorz C., Bazzoli I., Sturaro E., Ramanzin M., Bittante G. Cheesemaking in highland pastures: Milk technological properties, cream, cheese and ricotta yields, milk nutrients recovery, and products composition. *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, Issue 12. P. 9631–9646. doi: 10.3168/jds.2016-11199.
83. Berger Christine. Genetische Charakterisierung der Milcheiweißvarianten beim Pinzgauer-Rind : masterarbeit / Universität für Bodenkultur ; Wien Department für Nachhaltige Agrarsysteme ; Institut für Nutztierwissenschaften ; Betreuer: PD DI Dr. Birgit Fürst-Waltl DI Dr. Hermann Schwarzenbacher Wien, August 2018.
84. Bezdíček J. Allele and genotype frequencies of milkprotein kappa-casein (CSN3) in artificial insemination bulls of czech fleckvieh and holstein breed

85. Bobe G., Lindberg G. L., Freeman A. E., Beitz D. C. Short Communication: Composition of Milk Protein and Milk Fatty Acids is Stable for Cows Differing in Genetic Merit for Milk Production. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90, No. 8. P. 3955-3960. doi:10.3168/jds.2007-0099.
86. Bonfatti V., Chiarot G., Carnier P. Glycosylation of  $\kappa$ -casein: Genetic and nongenetic variation and effects on rennet coagulation properties of milk. *J. Dairy Sci.* 2014. Vol. 97. P. 1961-1969. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7418>.
87. Bonfatti V., Di Martino G., Cecchinato A., Vicario D. und Carnier P. Effects of  $\beta$ - $\kappa$ -casein (CSN2-CSN3) haplotypes and  $\beta$ -lactoglobulin (BLG) genotypes on milk production traits and detailed protein composition of individual milk of Simmental cows. *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93, No. 8. P. 3797-3808.
88. Boro P., Naha B., Saikia D., Prakash C. A1 and A2 Milk its impact on human health. *I.J.S.N.* 2016. Vol. 7 (1). P. 01-05.
89. Botaro B., Vinícius Y., Simões C. Effect of the kappa-casein gene polymorphism, breed and seasonality on physicochemical characteristics, composition and stability of bovine milk. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009 Vol. 38, N.12. P. 2447-2454. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001200022>.
90. Bovine Milk Allergens : A Comprehensive Review Caterina Villa, Joana Costa , Maria Beatriz P.P. Oliveira, and Isabel Mafra. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. Vol. 17. P. 138-164. doi: 10.1111/1541-4337.12318.
91. Caroli A. M., Chessa S. and Erhardt G. J. Invited review: Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition. *J. Dairy Sci.* 2009. Vol. 92. P. 5335–5352. doi: 10.3168/jds.2009-2461.
92. Cecchinato A., Ribeca C. Maurmayr A., Penasa M. De Marchi M., Macciotta N., Mele M., Secchiari P., Pagnacco G., Bittante G. Short communication:



- Effects of  $\beta$ -lactoglobulin, stearoyl-coenzyme A desaturase 1, and sterol regulatory element binding protein gene allelic variants on milk production, composition, acidity, and coagulation properties of Brown Swiss cows, *J. Dairy Sci.* 2011. Vol. 95. P. 450–454. doi: 10.3168/jds.2011-4581.
93. Chia J. S. J., McRae J. L., Kukuljan S., Woodford K., Elliott R. B., Swinburn B. and Dwyer K. M. A1 beta-casein milk protein and other environmental predisposing factors for type 1 diabetes. *Nutrition & Diabetes.* 2017. Vol. 7. P. e274. doi:10.1038/nutd.2017.16.
94. Cieslinska A., Fiedorowicz E., Zwierzchowski G., Kordulewska N., Jarmołowska B., Kostyra E. Genetic Polymorphism of  $\beta$ -Casein Gene in Polish Red Cattle-Preliminary Study of A<sub>1</sub> and A<sub>2</sub> Frequency in Genetic Conservation Herd. *Animals.* 2019. № 9. P. 377. doi:10.3390/ani9060377.
95. Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., Drake M.A., Marangon A., Martin B., Bittante G., McParland S. From cow to cheese: Novel phenotypes related to the sensory profile of model cheeses from individual cows. *Journal of Dairy Science.* 2018. Vol. 101, Issue 7. P. 5865–5877. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14342>.
96. Clarke A., Trivedi M. Bovine Beta Casein Variants: Implications to Human Nutrition and Health. *2014 International Conference on Food Security and Nutrition IPCBE.* Singapore. 2014. Vol. 67. DOI: 10.7763/IPCBE. 2014. V67.3.
97. Conservation of gene pools of local cattle breeds / V. I. Ladyka, Yu. P. Polupan, U. V. Vdovichenko et al. Lublin, 2019. 167 p.
98. Contreras V., Jaramillo D., Bracamonte G., González J. and Rincón A. Convenient genotyping of nine bovine K-casein variants. *Electron. J. Biotechnol.* 2011. Vol. 14(4). P. 1-6. DOI: 10.2225/vol14-issue4-fulltext-10.
99. Costa R., Pereira G., Garrido I., Tavares-de-Sousa M.M., Espinosa F. Comparison of RAPD, ISSR, and AFLP Molecular Markers to Reveal and Classify Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) *Germplasm Variations. PLoS One.* 2016. Vol. 11(4). P. e0152972.
100. Curik I, Havranek J, Samarzija D. Milk protein polymorphism and genetic structure of Croatian Simmental cattle. In: Milk protein polymorphism.

Proceedings of the IDF Seminar held in PalmerstonNorth, New Zealand.

Int Dairy Fed. 1997. P. 93–99.

101. Deb R. Singh U. Kumar S. Singh R.; Sengar G. and 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. URL: <https://www.researchgate.net/publication/280058153> Genetic polymorphism and association of kappa-casein gene with milk production traits among Frieswal HFx Sahiwal breeds of Indian origin.
102. Dinc H, Ozkan E, Koban E, Togan I. Beta-casein A1/A2, kappa-casein and beta-lactoglobulin polymorphisms in Turkish cattle breeds. *Archiv Tierzucht* 2013. Vol. 56. P. 50-72.
103. Effects of Conventional Milk Versus Milk Containing Only A2 b-Casein on Digestion in Chinese Children : A Randomized Study Xiaoyang Sheng, yZailing Li, zJiayi Ni, and §jjGreg Yelland JPGN. 2019. Volume 69, Number 3, September JPGN 2019. P. 375–382.
104. Ehrmann S., Bartenschlager H., Geldermann H. Quantification of gene effects on single milk proteins in selected groups of dairy cows. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 1997. № 114 (1–6). Pp. 121-132.  
10.1111/j.1439-0388.1997.tb00499.x.
105. Elliott R. B., Harris D. P., Hill J. P., Bibby N. J., Wasmuth H. E. Type I (insulin-dependent) diabetes mellitus and cow milk:casein variant consumption. *Diabetologia*. 1999. Vol. 42. P. 292-296. DOI: 10,1007 / s001250051153.
106. Farrell H. M., Jimenez-Flores Jr. R., Bleck G. T., Brown E. M., Butler J. E. Creamer L. K., Hicks C. L., Hollar C. M., Ng-Kwai-Hang K. F., Swaisgood H. E. Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk – Sixth Revision. *J. Dairy Sci*. 2004. Vol. 87. P. 1641–1674.
107. Fatih D. Ahmet, Bahattin Ç. Discussions of Effect A1 and A2 Milk Beta-Casein Gene on Health. *Appro Poult Dairy & Vet Sci*. 2018. Vol. 3, Issue 2. P. 216-221. DOI: 10.31031/APDV.2018.03.000556.

108. Food and Agriculture Organization of the United Nation. URL: <https://www.fao.org>. (дата звернення: 01.10.2022).
109. Fuerer C., Jenni R., Cardinaux L., Andetson F., Wagnière S., Moulin J., Affolter M. Protein fingerprinting and quantification of  $\beta$ -casein variants by ultraperformance liquid chromatography–high-resolution mass spectrometry. *J. Dairy Sci.* 2019. Vol. 103. P. 1193–1207. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16273>.
110. Fürst B., Schwarzenbacher H. Genetische Charakterisierung der Milcheiweißvarianten beim Pinzgauer-Rind / Masterarbeit vorgelegt von: Christine Berger. Wien. 2018. 70 p.
111. 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>.
112. Ganguly I., Kumar S., Gaur G., Singh U., Kumar A., Kumar S., Mann S., Sharma A., Status of  $\beta$ -casein (CSN2) Polymorphism in Frieswal (HF X Sahiwal Crossbred) Cattle. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research.* 2013. Vol. 4. P. 6760–6769.
113. Gigliotia R., Gutmanisa G., Katikia L., Okinob C., Oliveirab M., Filhoa A. New high-sensitive rhAmp method for A1 allele detection in A2 milk samples. *Food Chemistry.* 2020. Vol. 313. P. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126167>.
114. Givensa I., Aikmana P., Gibsonb T., Brown R. Proportions of A1, A2, B and C  $\beta$ -casein protein variants in retail milk in the UK. *Food Chemistry.* 2013. Vol. 139. P. 549-552.
115. Gradinaru A. C., Petrescu-Mag I. V., Oroian F.C., Balint C., Oltean I. Milk Protein Polymorphism Characterization: a Modern Tool for Sustainable Conservation of Endangered Romanian Cattle Breeds in the Context of Traditional Breeding. *Sustainability.* 2018, Vol. 10, Issue 2(534). P. 2-23. doi:10.3390/su10020534.

116. Guantario B., Giribaldi M., Devirgiliis C., Finamore A, Colombino E., Capucchio M., Evangelista R., Motta V., Zinno P., Cirrincione S., Antoniazzi S., Cavallarin L., Roselli M. A Comprehensive Evaluation of the Impact of Bovine Milk Containing Different Beta-Casein Profiles on Gut Health of Ageing Mice. *Nutrients*. 2020. Vol. 12(7). P. 2-19. <https://doi.org/10.3390/nu12072147>.
117. Gustavo Pimenta Schettini A , Sabrina Mota Lambert A , Bárbara Maria Paraná da Silva Souza A , Raphael Bernal Costa A and Gregório Miguel Ferreira de Camargo A B. Genetic potential of Sindhi cattle for A2 milk production / Author Affiliations A Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Avenuenida Adhemar de Barros, 500, Ondina, Salvador, Bahia, 40170-110, Brazil.B Corresponding author. <https://doi.org/10.1071/AN18677>.
118. Gustavsson F., Glantz M., Buitenhuis A., Lindmark M., Stalhammar H., Andren A., Paulsson, M. Factors influencing chymosin-induced gelation of milk from individual dairy cows: Major effects of casein micelle size and calcium. *International Dairy Journal*. 2014. Vol. 39(1). P. 201-208.
119. 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*. 2013. Vol. 97. P. 3866–3877. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7312>.
120. Heck J. M. L., Schennink A., van Valenberg H. J. F., Bovenhuis H., Visker M. H. P. W., van Arendonk J. A. M., van Hooijdonk A. C. M. Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk. *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92, No. 3. P. 1192–1202. doi:10.3168/jds.2008-1208.
121. Henrique do Nascimento Rangel A., Cavalcanti Sales D., Antas Urbano S., Geraldo Bezerra Galvãojúnior J., César de Andrade Neto J., de Souza Macêdo C. Lactose intolerance and cow's milk protein allergy. *Food Science and Technology*. 2016. Vol. 36(2). P. 179-187. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.0019>.

122. Holt C. An equilibrium thermodynamic model of the sequestration of calcium phosphate by casein micelles and its application to the calculation of the partition of salts in milk. *European Biophysics Journal*. 2004. Vol. 33, Issue 5. doi: 10.1007/ s00249-003-0377-9.
123. Ikonen T., Ojala M. und Ruottinen O. Associations Between Milk Protein Polymorphism and First Lactation Milk Production Traits in Finnish Ayrshire Cows. *Journal of Dairy Science*. 1999. Vol. 82, No. 5. P. 1026-1033.
124. Islam M. A., Alam M. K., Islam M. N., Khan M. A. S., Ekeberg D., Rukke E. O., Vegarud G. E. Principal Milk Components in Buffalo, Holstein Cross Indigenous Cattle and Red Chittagong Cattle from Bangladesh Islametal. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 27. P. 886-897.
125. Jensen H. B., Holland J. W., Poulsen N. A., Larsen L. B. Milk protein genetic variants and isoforms identified in bovine milk representing extremes in coagulation properties. *J. Dairy Sci.* 2012. Vol. 95. P. 2891–2903. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5346>.
126. Jianqin Sun, Leiming Xu, Lu Xia, Yelland Gregory W., Ni Jiayi and Andrew J. Effects of milk containing only A2 beta casein versus milk containing both A1 and A2 beta casein proteins on gastrointestinal physiology, symptoms of discomfort, and cognitive behavior of people with self-reported intolerance to traditional cows' milk. *Nutrition Journal*, 2016. P. 15-35. DOI 10.1186/s12937-016-0147-z.
127. Kamiński S., Cieslińska A., Kostyra E. Review article Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. *J Appl Genet*. 2007. Vol. 48(3). P. 189–198.
128. Kaminski S., Figiel L. Kappa-casein genotyping of Polish Black-and-White Holstein-Friesian bulls by polymerase chain reaction. *Genetica Polonica*. 1993. Vol. 34. P. 65–72.
129. Kaskous S. A1- and A2-Milk and Their Effect on Human Health. *Journal of Food Engineering and Technology*. 2020. Vol. 9 (1). P. 15-21. <https://doi.org/10.32732/jfet.2020.9.1.15>.

130. Keating A. F., Davoren P., Smith T. J., Ross R. P., Cairns M. T. Bovine Kappa-Casein promoter haplotypes with potential implications for milk protein expression. *J. Dairy Sci.* 2007. Vol. 90. P. 4092-4099. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17699026>.
131. Ketto I. A., Knutsen T. M., Øyaas J., Heringstad B., Ådnøy T., Devold T. G., Skeie S. B. Effects of milk protein polymorphism and composition, casein micelle size and salt distribution on the milk coagulation properties in Norwegian Red cattle. *Int Dairy J.* 2017. Vol. 70. P. 55-64.
132. Khaizaran Z. A. Al-Razem. F. Analysis of selected milk traits in Palestinian Holstein-Friesian cattle in relation to genetic polymorphism. *J. Cell Anim. Biol.* Vol. 2014 P. 74-85.
133. Klauzinska M., Siadkowska E., Grochowska R. Polymorphism of molecular-genetic systems in the Polish red cattle. *Tsitol Genet.* 2001. Vol. 35 (1). P. 58–60.
134. Kort E. de, Minor M., Snoeren T., Hooijdonk T. van, Linden E. van der. Effect of calcium chelators on physical changes in casein micelles in concentrated micellar casein solutions. *International Dairy Journal.* 2011. Vol. 21, Issue 12. P. 907–913. //doi: 10.1016/j.idairyj.2011.06.007.
135. Kostyunina O. V. Molekulyarnaya diagnstika geneticheskogo polimorfizma osnovny`kh molochny`kh belkov i ikh svyaz` s tekhnologicheskimi svojstvami moloka : abstract of Ph. D. dissertation. Dubroviczy, 2005.
136. Kučerova J., Matějček A., Jandurova O, Sorensen P., Němcova E., Štípkova M., Kott T., Bouška J., Frelich J. Milk protein genes CSN1S1, CSN2, CSN3, LGB and their relation to genetic values of milk production parameters in Czech Fleckvieh. *Czech Journal Animals Science.* 2006. Vol. 51(6). P. 241–247. <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/52288.pdf>.
137. Kyselová J., Ječmínková K., Matějčíková J., Hanuš O., Kott T., Štípková M., Krejčová M. Physiochemical characteristics and fermentation ability of milk from Czech Fleckvieh cows are related to genetic polymorphisms of  $\beta$ -casein,  $\kappa$ -casein, and  $\beta$ -lactoglobulin Kyselová et al.

<https://doi.org/10.5713/ajas.17.0924>.

138. Ladyka V., **Pavlenko Y.**, Skliarenko Y. Preservation of Ukrainian Local Breeds of Cattle: Genetic and Economical Aspects. *International Conference on Food, Agriculture and Animal Sciences*. Erzurum, Turkey, 2021. P. 7.
139. Ladyka V. I., Nazarenko Y., **Pavlenko Y. M.**, Opara V. O. Determining the influence of the composition of milk from cows of different breeds on quality indicators for the dutch-type cheese. *Eastern-europeen journal of enterprise technologies*. 2019. Vol. 1/11 (97). P. 23–33.
140. Ladyka V. I., Nazarenko Y., **Pavlenko Y. M.**, Opara V. O. Research of organoleptic parameters of dutch cheese, produced from milk of cows of different breeds. *EUREKA: Life Sciences*. 2019. Number 1. P. 52–58.
141. Ladyka V. I., **Pavlenko Y. M.**, Skliarenko Y. I. Genetic analysis of sires of lebedyn cattle and related populations. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering In Agriculture And Rural Development*. 2019. Vol. 19, Issue 4. P. 149–159.
142. Ladyka V., Drevytska T., **Pavlenko J.**, Skliarenko Y., Lahuta T., Drevytskyi T., Dosenko T. Evaluation of cow genotypes by kappa-casein of dairy breeds. *Acta fytotechn zootechn*. 2022. Vol.25, (1). P. 1–6.
143. Ladyka V., Pavlenko Y. and Sklyarenko Y.  $\beta$ -casein gene polymorphism use in terms of brown dairy cattle preservation. *Arch. Zootec*. 2021. Vol. 70 (269). P. 88-94.
144. Ladyka V., **Pavlenko Yu.**, Skliarenko Yu. Features of herd formation based on beta- and kappa-casein of different dairy cattle breeds. *Animal Husbandry Products Production and Processing*. 2022. № 2. PP. 13–18.
145. Ladyka V., Skliarenko Y., Pavlenko Y., Metlytska O., Ivankova I. Molecular-Genetic Analysis of Cows Genetic Structure and Determination of Genealogical Relatedness Level of Bulls of Modern Dairy Breeds. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2019. May 2019. Vol. 7, Issue 5. P. 405-411.
146. Ladyka V., Hmelnychy L., **Pavlenko Y.**, Skliarenko Y. Historical aspects of the creation, development and preservation of lebedinska breed at

- the present stage. *Konferencja Międzynarodowa LXXXIII Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego*. Lublin, 2018. S. 22.
147. Lateef Yaser Mustafa, Hamad Senkal Riyadh. Effect of mutation site of k-casein gene on protein quantity, composition, and other milk constituents in Holstein cows. *J. Pharm. Sci. & Res.* 2019. Vol. 11(2). P. 398-401.
148. Leveziel H., Metenier L., Mahe M. Identification of the two common alleles of the bovine k-casein locus by the RFLP technique, using the enzyme Hind III. *Genet. Sel. Evol.* 1988. Vol. 20. P. 247.
149. Louise S., Jackeline S. Alves, Marisa S. Bastos, Raphael B., Camargo G. Do non-bovine domestic animals produce A2 milk?: an in silico analysis. *Animal Biotechnology*. 2021. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1935982>.
150. Marchi De M., Dal Zotto R., Cassandro M., Bittante G. Milk Coagulation Ability of Five Dairy Cattle Breeds. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90, No. 8. P. 3986-3992. doi:10.3168/jds.2006-627.
151. Margawati E. T., Volkandari S. D., Talib. C. Genotyping of kappa-casein gene of buffalo in Indonesia. *Proceedings International Conference on Livestock Production and Veterinary Technology / Indonesian Center for Animal Research and Development, Ministry of Agriculture, Bali, Indonesia, 10-12th August, 2016*. P. 37-44.
152. Massella E., Piva S., Giacometti F., Liuzzo G., Zambrini A.V., Serraino A. Evaluation of bovine beta casein polymorphism in two dairy farms located in northern Italy. *Ital J Food Saf.* 2017. Sep 29; Vol. 6(3). P. 6904. doi: 10.4081/ijfs.2017.6904. PMID: 29071248; PMCID: PMC5641661.
153. Matějček J., Matějčková M., Štípková O., Hanuš V., Genčurová J., Kysel'ová E., Němcová T., Kott J., Šefrová M., Krejčová S., Melčová I., Hölzelová J., Bouška J. Frelich Joint effects of CSN3 and LGB genes on milk quality and coagulation properties in Czech Fleckvieh. *Czech J. Anim. Sci.* 2008. Vol. 53(6). P. 246–252.



154. Mayer H. K., Marchler A., Prohaska C. und Norz R. Milk protein polymorphism in Austrian dairy cattle breeds. *Milchwissenschaft*. 1997. Vol. 52, No. 7. P. 366 - 369.
155. Mayer H., Lenz K., Halbauer E. "A2 milk" authentication using isoelectric focusing and different PCR techniques. *Food Research International*. 2021. Vol. 147. p. 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110523>.
156. Mencarini Italo. A simulation model of dairy herd conversion to produce A2 milk : abstract of a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Agricultural Science. Lincoln University Digital Thesis. 2013. 51 p.
157. Miluchová M., Gábor M., Candrák J., Trakovická A., Candráková K. Association of Hind III-polymorphism in kappa-casein gene with milk, fat and protein yield in holstein cattle. *Acta Biochimica Polonica*. 2018. Vol. 65, No 3. P. 403–407. [https://doi.org/10.18388/abp.2017\\_2313](https://doi.org/10.18388/abp.2017_2313).
158. Mohammadabadi, Mohammad & E, Esfandyarpoor & A, Mousapour. Using Inter Simple Sequence Repeat Multi-Loci Markers for Studying Genetic Diversity in Kermani Sheep. *Journal of Research and Development*. 2017. Vol. 5. P. 154-157. 10.4172/2311-3278.1000154.
159. Molee A., Poompramun C., Mernkrathoke P. Effect of casein genes - beta-LGB, DGAT1, GH, and LHR - on milk production and milk composition traits in crossbred Holsteins. *Genetics and Molecular Research*. 2015. Vol. 14 (1). P. 2561-2571. [x.doi.org/10.4238/2015.March.30.15/](https://doi.org/10.4238/2015.March.30.15/).
160. Ng-kwai-hang K. F., Hayes J. F., Moxley J. E. and Monardes H. G. Relationships Between Milk Protein Polymorphisms and Major Milk Constituents in Holstein-Friesian Cows. *Journal of Dairy Science*. 1986. Vol. 69, No. 1. P. 22-26.
161. Ng-Kwai-Hang K. F., Hayes J. F., Moxley J. E. und Monardes H. G. Association of Genetic Variants of Casein and Milk Serum Proteins with Milk, Fat, and Protein Production by Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 1984. Vol. 67. P. 835-840.

162. O'Callaghan T. An overview of the A1/A2 milk hypothesis. *Dairy Nutrition forum*. 2020. Vol. 12, Issue 2. P. 1-4.
163. Olenski K., Kamiński S., Szyda J. und Cieslinksa A. Polymorphism of the beta-casein gene and its associations with breeding value for production traits of Holstein-Friesian bulls. *Journal of Livestock Science*. 2010. Vol. 131. P. 137-140.
164. Otaviano Antonio Roberto, Tonhati Humberto, Sena Janete Aparecida Desidório and Mucoz Mario Fernando Ceryn. Kappa-casein gene study with molecular markers in female buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Genetics and Molecular Biology*. 2005. Vol. 28, № 2. P. 237-241.
165. Ozdemir M., Kopuzlu S., Topal M., Cevdet O. Relationships between milk protein polymorphisms and production traits in cattle: a systematic review and meta-analysis. *Turkey Arch. Anim. Breed.* 2018. Vol. 61. P. 197–206. <https://doi.org/10.5194/aab-61-197-2018>.
166. 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.
167. Park Y. W., Haenlein G. F. W. A2 Bovine Milk and Caprine Milk as a Means of Remedy for Milk Protein Allergy. *Dairy*. 2021. Vol. 2. P. 191-201. <https://doi.org/10.3390/dairy2020017>.
168. 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.
169. Phadungath C. The mechanism and properties of acid-coagulated milk gels. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 2005. Vol. 27, Issue 2. P. 433–448. 197
170. Pimenta S., Mota L., Paraná S., Bernal C., Ferreira C. Genetic potential of Sindhi cattle for A2 milk production. *Animal Production Science*. 2020. Vol. 60. P. 893-895. <https://doi.org/10.1071/AN18677>.
171. Pinder S. J., Perry B. N., Skidmore C. J. Analysis of polymorphism in the bovine casein genes by use of polymerase chain reaction. *Anim. Genet.* 1991. Vol. 22. P. 11–20.

172. Potočnik K., Luštrek B. und Kaić A. Does the selection on SS - casein affect the traits important for dairy production of Slovenian Brown Swiss Cattle? *Acta argiculturae Slovenica*. Supplement. 2016. Vol. 5. P. 89 – 93.
173. Poulsen Nina A., Glantz Maria, Rosengard Anette K., Paulsson Marie and Larsen Lotte B. Comparison of milk protein composition and rennet coagulation properties in native Swedish dairy cow breeds and high-yielding Swedish Red cows. *J. Dairy Sci.* 2017. Vol. 100, № 11. P. 8722–8734. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12920>.
174. Poulsen N. A., Bertelsen H. P., Jensen H. B., Gustavsson F., Glantz M., Lindmark Månsson H., Andrén A., Paulsson M., Bendixen C., Buitenhuis A. J. und Larsen L. B. The occurrence of noncoagulating milk and the association of bovine milk coagulation properties with genetic variants of the caseins in 3 Scandinavian dairy breeds. *Journal of Dairy Science*. 2013. Vol. 96, No. 8. P. 4830-4842.
175. Poulsen N. A., Glantz M., Rosengard A. K., Paulsson M., Larsen L. B. Comparison of milk protein composition and rennet coagulation properties in native Swedish dairy cow breeds and high-yielding Swedish Red cows. *J. Dairy Sci.* 2017. Vol. 100. P. 8722–8734. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12920>.
176. Poulsen N. A., Rosengard A. K. Szekeres B. D., Gregersen V. R., Jensen H. B., Larsen L. B. Protein heterogeneity of bovine  $\beta$ -casein in Danish dairy breeds and association of rare  $\beta$ -casein F with milk coagulation properties. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*. 2016. Vol. 66, Issue 4, P. 190-198. [doi.org/10.1080/09064702.2017.1342858](https://doi.org/10.1080/09064702.2017.1342858).
177. Ramakrishnan Monica, Eaton Tracy, Sermet Omer, Savaiano Dennis. A Single Meal of Milk Containing A2 B-Casein Causes Fewer Symptoms and Lower Gas Production than Milk Containing Both A1 and A2 B-Casein Among Lactose Intolerant Individuals. *Current Developments in Nutrition*. 2020. Vol. 4, Issue Supplement\_2, June. P. 772. [https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa052\\_041](https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa052_041).

178. Rangel A. Sales D., Urbano S., Galvãojúnior J., Andrade Neto J., Macêdo C. Lactose intolerance and cow's milk protein allergy. *Food Sci. Technol.* 2016. Vol. 36(2). P. 179-187. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.0019>.
179. Raynes J. K., Day L., Augustin M. A., Carver J. A. Structural differences between bovine A1 and A2  $\beta$  – casein alter micelle self-assembly and influence molecular chaperone activity. *J. Dairy Sci.* 2004. Vol. 98. P. 2172–2182. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8800>.
180. Sae-In S. K., Delgado S., Mittal J., Eshraghi R., Mittal R., Eshraghi A. Beneficial Effects of Milk Having A2  $\beta$ -Casein Protein: Myth or Reality? *Journal of Nutrition.* 2021. Vol. 151 (5). P. 1061–1072. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa454>.
181. Saitou N., Nei M. “The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees”. *Molecular Biology and Evolution.* 1987. № 4 (4). P. 406-425.
182. Sebastiani C., Arcangeli C., Ciullo M., Torricelli M., Cinti G., Fisichella S., Biagetti M. Frequencies Evaluation of  $\beta$ -Casein Gene Polymorphisms in Dairy Cows Reared in Central Italy. *Animals.* 2020. Vol. 10(2). P. 2-7. <https://doi.org/10.3390/ani10020252>.
183. 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. No 4. P. 641-644. URL: [https://jcea.agr.hr/articles/592\\_Relations\\_between\\_kappa\\_casein\\_polymorphism\(CSN3\)\\_and\\_milk\\_performance\\_traits\\_in\\_heifer\\_cows\\_en.pdf](https://jcea.agr.hr/articles/592_Relations_between_kappa_casein_polymorphism(CSN3)_and_milk_performance_traits_in_heifer_cows_en.pdf).
184. Sridharan P., Chidananda B.L. The Science of A2 Beta Casein : A Critical Review of Global Data and Outcomes of Indian Study Pranesh. *Indian J Nutri.* 2020. № 7(1). 212 p.
185. Swaisgood H. E. Chemistry of Caseins. In *Advanced Dairy Chemistry-1 Proteins.* P.F. Fox (Ed.). Elsevier Applied Science London and New York, 1992. Pp. 63-110.

186. Tacoma R., Fields J., Ebenstein D. B., Y.-WaiLam, Greenwood S. L. Characterization of the bovine milk proteome in early-lactation Holstein and Jersey breeds of dairy cows. *Journal of Proteomics*. 2016. Vol. 130. P. 200–230. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2015.09.024>.
187. Teixeira D Costa R., Ferreira de Camargo G. Guzerat indicine cattle and A2 milk production. *Animal Biotechnology*. 2021. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1962336>.
188. Tim T. Lambersa, Sjef Broerenb, Jeroen Hecka, Marjolijn Bragta, Thom Huppertz. Processing affects beta-casomorphin peptide formation during simulated gastrointestinal digestion in both A1 and A2 milk. *International Dairy Journal*. 2021. № 121. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105099>.
189. Tkahcenko N. A., Nekrasov P. O., Vikul S. I. Optyimizatsiya retsepturnoho skladu napoiiv ozdorovchoho pryznachennya na osnovi syrovatki. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol.1/10, Issue 79. P. 9–57. <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.59695>.
190. Toorchi Mahmoud, Tahvildarzadeh Ali, Shoja Jalil and Alijani Sadegh,. Molecular Characterization of CSN3 Alleles in Sarabi and Holstein using PCR-RFLP. *Biotechnology*. 2006. Vol. 5. P. 495-500.
191. Uffo O. Analysis of Microsatellite Markers in a Cuban Water Buffalo Breed. *G.Dairy Res*. 2017. V. 84. № 3. P. 289-292.
192. Usage of DNA Testing by CSN2 and CSN3 Genes for conservation and Improvement of the North–East of Ukraine : monograph. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2022. 152 p.
193. Vallas M., Kaart T., Värvi S., Pärna K., Jõudu I., Viinalass H., Pärna E. Composite  $\beta$ - $\kappa$ -casein genotypes and their effect on composition and coagulation of milk from Estonian Holstein cows. *J. Dairy Sci*. 2012. Vol. 95. P. 6760–6769. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2012-5495>.
194. Visentin G., Marchi M. De, Berry D.P., McDermott A., Fenelon M. A., Penasa M., McParland S. Factors associated with milk processing characteristics predicted by mid-infrared spectroscopy in a large database of

- dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100, Issue 4. P. 3293–3304. // <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12028>.
195. Volkandari S. D., Margawati E. T. Genetic polymorphism of kappa-casein gene in Friesian Holstein: a basic selection of dairy cattle superiority. *J. Indonesian Trop. Anim. Agric*. 2017. Vol. 42(4). P. 213-219. DOI: 10.14710/jitaa.42.4.213-219.
196. 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. URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v23n4/v23n4a03.pdf>.
197. Zepeda-Batista J. L., Alarcón-Zúñiga B., Ruíz-Flores A., Núñez-Domínguez R., Ramírez-Valverde R. Polymorphism of three milk protein genes in Mexican Jersey cattle. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2015. Vol. 18. P. 1–4.
198. Zepeda-Batista J. L., Saavedra-Jiménez L. A., Agustín Ruíz-Flores, Núñez-Domínguez R., Rodolfo Ramírez-Valverde L. A. Potential influence of  $\kappa$ -casein and  $\beta$ -lactoglobulin genes in genetic association studies of milk quality traits. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2017. Vol. 30. No. 12. P. 1684-1688. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0481>.

# ДОДАТКИ



## Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о. директора ДП «ДГ ІСГПС НААН»



В.І. Пахненко

"01" 12 2022 р

## АКТ

про впровадження в умовах виробництва результатів дисертаційної роботи на здобуття вченого звання доктора сільськогосподарських наук  
Павленко Юлії Миколаївни

**Назва наукової розробки.** «Формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів».

**Мета наукового впровадження.** Реалізація в умовах виробництва розроблених методологічних положень формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів.

**Коротка характеристика впровадження.** Трансфер розроблених методів формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями у виробництво шляхом генотипування поголів'я, формування окремих груп тварин та переробки отриманої молочної сировини у крафтову молочну продукцію.

Головний зоотехнік ДП «ДГ ІСГПС НААН»

Л.М. Лисянська

Головний ветеринарний лікар  
ДП «ДГ ІСГПС НААН»

Ю.В. Рибкін

Завідуючий племзаводами з розведення ВРХ  
ДП «ДГ ІСГПС НААН»

І.А. Бурмака



## Додаток Б

## АКТ

про впровадження в умовах виробництва результатів дисертаційної роботи на здобуття вченого звання доктора сільськогосподарських наук  
Павленко Юлії Миколаївни

**Назва наукової розробки.** «Формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів».

**Мета наукового впровадження.** Реалізація в умовах виробництва розроблених методологічних положень формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів.

**Коротка характеристика впровадження.** Трансфер розроблених методів формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями у виробництво шляхом генотипування поголів'я, формування окремих груп тварин та переробки отриманої молочної сировини у крафтову молочну продукцію. Сприяння випуску молока з генотипом А2А2 за бета-казеїном торгівельної марки «O'BEREG».

Приватний підприємець



Опришко Д.В.

## Додаток В

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

директор ТДВ «Шемзавод «Михайлівка»



М.О. Зеленський

" 06 " 12. 2022 р

**АКТ**

про впровадження в умовах виробництва результатів дисертаційної роботи на здобуття вченого звання доктора сільськогосподарських наук  
Павленко Юлії Миколаївни

**Назва наукової розробки.** «Формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів».

**Мета наукового впровадження.** Реалізація в умовах виробництва розроблених методологічних положень формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів.

**Коротка характеристика впровадження.** Трансфер розроблених методів формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями у виробництво шляхом генотипування поголів'я, формування окремих груп тварин та переробки отриманої молочної сировини у крафтову молочну продукцію.

Головний зоотехнік-селекціонер  
ТДВ «Михайлівка»

Л.М. Лисянська



## Додаток Г

ЗАТВЕРДЖУЮ:

директор ПСП «Комишанське»

Охтирського району

В.І. Зубко



## АКТ

про впровадження в умовах виробництва результатів дисертаційної роботи на здобуття вченого звання доктора сільськогосподарських наук  
Павленко Юлії Миколаївни

**Назва наукової розробки.** «Формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів».

**Мета наукового впровадження.** Реалізація в умовах виробництва розроблених методологічних положень формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів.

**Коротка характеристика впровадження.** Трансфер розроблених методів формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями у виробництво шляхом генотипування поголів'я, формування окремих груп тварин та переробки отриманої молочної сировини у крафтову молочну продукцію.

Головний зоотехнік ПСП «Комишанське»

В.І. Андрейчук

## Додаток Д



**Витяг з протоколу № 4  
засідання вченої ради  
біолого-технологічного факультету**

14 листопада 2022 р.

Присутні – 15 з 15 членів Вченої ради

Голова вченої ради факультету – д.с.-г.н., професор Вікторія ВЕЧОРКА

Секретар вченої ради – к. с.-г. н, доцент Ольга КОРЖ

**ПОРЯДОК ДЕННИЙ:**

Щодо доцільності використання матеріалів досліджень к.с.-г.н, доцента Юлії ПАВЛЕНКО у навчальному процесі підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»

**СЛУХАЛИ:** к.с.-г.н. доцента Юлію ПАВЛЕНКО про основні положення дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.02.01 «Розведення та селекція тварин» за темою: "Формування мікропопуляцій худоби з унікальними продуктивними властивостями за використання селекційно-генетичних методів".

**ВИСТУПИЛИ:** декан факультету, професор Вікторія ВЕЧОРКА, яка запропонувала використовувати матеріали досліджень у навчальному процесі підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» Сумського національного аграрного університету при викладанні дисциплін «Технологія виробництва молока та яловичини», «Розведення сільськогосподарських тварин».

**УХВАЛИЛИ:** Матеріали досліджень використовувати у навчальному процесі підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» Сумського національного аграрного університету при викладанні дисциплін «Технологія виробництва молока та яловичини», «Розведення сільськогосподарських тварин».

Голова

**Вікторія ВЕЧОРКА**

Секретар

**Ольга КОРЖ**