
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНІ МАРКЕРИ У КОЗІВНИЦТВІ

М. Л. ДОБРЯНСЬКА*Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН (Чубинське, Україна)**<https://orcid.org/0000-0001-9216-0527> – М. Л. Добрянська*

В статті представлено перелік найбільш поширених та актуальних молекулярно-генетичних маркерів, пов'язаних із генами-кандидатами продуктивних ознак у кіз. Стисло описано їх функції у організмі та локалізація відповідних локусів у геномі тварин. Наведені маркери широко використовуються для досліджень популяцій як великої, так і дрібної рогатої худоби у світі. Даний пошук молекулярно-генетичних маркерів спрямований на проведення подібних досліджень в Україні для сприяння селекційної роботи у козівництві. В результаті проведеної роботи було обрано на роль генів-кандидатів продуктивних ознак два білки, пов'язані із якісними показниками молока: капа-казеїн та бета-лактоглобулін і два гормони, що опосередковано впливають на ріст і розвиток тварин – лептин та соматотропін.

Ключові слова: молекулярно-генетичні маркери, козівництво, капа-казеїн, бета-лактоглобулін, лептин, соматотропін

MOLECULAR GENETIC MARKERS IN GOAT BREEDING**M. L. Dobryanska***Institute of Animal Breeding and Genetic nd. a. M.V. Zubets of NAAS (Chubynske, Ukraine)*

The article presents a list of the most common and relevant molecular genetic markers associated with candidate genes for productive traits in goats. Their functions in the body and the localization of the corresponding loci in the genome of animals are briefly described. These markers are widely used for research on both large and small cattle populations in the world. This search for molecular genetic markers is aimed at carrying out similar studies in Ukraine to promote selection work in goat breeding. As a result of the work carried out, two proteins associated with quality indicators of milk were selected as candidate genes for productive traits: kappa-casein and beta-lactoglobulin, and two hormones that indirectly affect the growth and development of animals – leptin and somatotropin.

Keywords: molecular genetic markers, goat breeding, kappa-casein, beta-lactoglobulin, leptin, somatotropin

Вступ. У багатьох країнах світу козівництво є важливою галуззю тваринництва. Спрможність дрібної рогатої худоби легко адаптуватися до різних систем господарювання, здатність пристосовуватись до різноманітних кліматичних умов та особливостей рельєфу місцевості, надає перевагу цій галузі скотарства.

Кіз розводять у всіх частинах світу, але розподіл порід за напрямом продуктивності різниться залежно від традиції споживання. Наприклад, для Європи характерне переважання молочних порід, у Азії – комбінованих, а у Африці найчастіше розводять м'ясні породи кіз [1]. Найбільше поголів'я кіз утримують у Азії та Африці. Найбільшими виробниками козячого молока в світі є Індія, Бангладеш, Пакистан і Судан. Світове виробництво козячого м'яса за останні кілька років збільшилося на 41,66%. Азія має найбільший вклад у загальному виробництві м'яса (70,7%). Лідером з виробництва м'яса є Китай, який виробляє 35,89% козячого м'яса від усього світового виробництва [2]. Молочне козівництво є важливою культур-

но-економічною частиною тваринництва на Американському континенті, де лідерами з виробництва козячого молока у Північній Америці є Мексика, а у Південній – Бразилія [3].

Один із факторів особливого інтересу нині до козячого молока є виробництво продуктів дитячого харчування. Порівняно з коров'ячим молоком, фракційний склад білків козячого молока характеризується зниженим вмістом $\alpha S1$ – казеїну, що впливає на гіпоалергенність та підвищеним вмістом β -казеїну, що впливає на швидкість утворення в шлунку дрібнодисперсного легкозасвоюваного згустку. Також козяче молоко характеризується високим ступенем дисперсності жирової фази. Наразі посилюється тенденція до розробки функціонально нових молочних продуктів, в яких за основу взяті такі параметри як висока харчова та біологічна цінність і фізіологічна активність продукту, що зумовлюються високою якістю молока [4]. В Україні козівництво набуває все більш широкого розвитку, отже дослідження генетичної структури популяції кіз за генами-кандидатами, асоційованими з показниками молочної продуктивності, є перспективним напрямом, адже галузь, що розвивається, потребує впровадження передових методів дослідження.

Матеріали та методи. Робота була здійснена, як пошук молекулярно-генетичних маркерів продуктивних ознак у козівництві, на основі досліджень світової наукової літератури за даною тематикою. Для пошуку статей за тематикою молекулярно-генетичних досліджень у козівництві була використана безкоштовна пошукова система PubMed з біомедичних досліджень, що створена Національним центром біотехнологічної інформації США у 1997 році (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>).

Результати досліджень. Використання методів молекулярно-генетичного аналізу може доповнити селекційну роботу для створення оптимально продуктивних стад. У цьому зв'язку активно проводяться дослідження з вивчення впливу поліморфізму генів молочних білків та гормонів на молочну продуктивність. Серед великої кількості генів, що визначають молочну продуктивність, можна виділити дві групи. До першої відносяться гени білків, що входять до складу молока, такі як казеїни та бета-лактоглобулін. У другу групу входять поліморфні гени гормонів, зокрема, соматотропін та лептин.

Казеїни – це основні білки молока, в молоці жуйних тварин казеїни складають близько 70–80% від загальної кількості білків. Їх відносять до сімейством кислих та багатих проліном фосфопротеїнів. Казеїн каппа – це білок, який дозволяє формувати і стабілізувати молочні міцели [5]. Особливість капа-казеїну в тому, що він характеризується своєю розчинністю у широкому діапазоні концентрацій іонів кальцію, а також містить гідрофільну область. Також зрілий білок капа-казеїну характеризується лабільним пептидним зв'язком, розщеплення якого за допомогою ферменту реніну продукує розчинний казеїно-макропептид, а також нерозчинний пептид пара-к-CN. Казеїно-макропептид впливає на згортання молока, а от функція пара-к-CN недостатньо відома. Дослідження генетичних поліморфізмів казеїнів становить інтерес, адже деякі варіанти можуть виявитись пов'язаними з якістю молока, складом та технологічними характеристиками [6].

Встановлено, що у кіз основні типи казеїнів кодуються генами, тісно зчепленими в єдиному кластері, що локалізований на шостій хромосомі [7]. Цей кластер займає ділянку 250–350 тисяч пар нуклеотидів, в якій $\alpha S1$ -казеїн, $\alpha S2$ -казеїн і β -казеїн пов'язані один з одним еволюційно [8]. Білки, що кодуються даними генами, характеризуються подібною молекулярною масою (~24–25 кДа), промоторними ділянками, схожими послідовностями лідируючого пептиду та ділянками фосфорилування. Білок капа-казеїн еволюційно не належить до них і відрізняється в основному особливостями організації 5' – фланкуючої області. Ген, що кодує цей білок, включає 5 екзонів, 4 з них несуть понад 90% інформації, що кодує зрілий білок, який містить 171 амінокислотний залишок [9].

Бета-лактоглобулін – це основний сироватковий білок молока жуйних тварин. Характерно, що він відсутній у молоці деяких інших сімейств ссавців, а також у людини [10]. Зважаючи на те, що цей білок проявляє термостабільність, він є мажорним алергеном молока для людини. На відміну від інших сироваткових білків молока, для β -лактоглобуліну поки

що не було виявлено чіткої функції, але відомо що, він становить найбільшу частину фракційного складу глобулярних білків, виділених із сироватки (β -лактоглобулін – 65%, α -лактальбумін – 25%, сироватковий альбумін – 8%, інший – 2%). Бета-лактоглобулін є білком ліпокаліном, він може зв'язуватися із різними гідрофобними молекулами та брати участь у їх транспортуванні [11, 12]. До найважливіших технологічних властивостей цього білка відноситься його реакція з капа-казеїном на поверхні міцел під час повільного згущування молока і утворення гелю при нагріванні протеїнів сироватки. Комплекс казеїну і лактоглобуліну, а також високі концентрації цього білку негативно впливають на теплостійкість і час зсідання молока, що важливо при сироварінні. Також за цим білком здійснюється контроль якості молочних продуктів і виявлення фальсифікації молока [13]. Локус гену бета-лактобуліну кіз Z33881.1 складається із 8088 пар нуклеотидів та розташований на 11 хромосомі та складається з 7 екзонів та 6 інтронів. Білок бета-лактоглобулін кіз складається із 162 амінокислотних залишків, та має молекулярну масу приблизно 18 кДа [14]. Досліджено, що цей локус у кіз характеризується високою поліморфністю.

Гормон росту соматотропін синтезується у передній частці гіпофіза, цікавий різноманіттям функцій, що він виконує. Основний його біологічний ефект полягає в регуляції постнатального розвитку та стимуляції метаболізму (білкового, ліпідного, вуглеводного, мінерального), а також перебігу лактації та складу молока. Соматотропін стимулює печінку та інші тканини до секреції інсуліноподібного фактору росту (IGF-1), який за структурою та функціями схожий на інсулін. Він бере участь в ендокринному, аутокринному та паракринному регулюванні процесів росту, розвитку та диференціації клітин і тканин організму [15]. Білок соматотропін складається із 217 залишків амінокислот і має розмір молекулярної маси близько 24–25 кілодальтон. Ген гормону росту кіз має розмір 2544 пар нуклеотидів та складається з п'яти екзонів і чотирьох інтронів [16]. З огляду на те, що цей білок має широкий спектр впливу на загальний гомеостаз організму, дослідження алельного поліморфізму за даним геном широко використовуються у світі і можуть бути корисними для ведення маркер-асоційованої селекції у худоби різного напрямку продуктивності [17].

В даний час, як ген-маркер, асоційований з функціональним довголіттям кіз і репродуктивними якостями, активно використовується алельний поліморфізм гену лептин [18]. Лептин – це гормон, що виробляється клітинами жирової тканини (адипоцитами) і відіграє важливу роль у метаболізмі, зокрема, у накопиченні жиру в організмі. Лептин бере участь у регуляції харчової поведінки, впливає на функціонування імунної системи та репродуктивну функцію, а також на ріст та конституцію тварин. Білок лептину має молекулярну масу близько 16 кДа та кодує 167 амінокислот [19]. Ген лептину складається із трьох екзонів та двох інтронів та розташований на четвертій хромосомі у кіз, овець та великої рогатої худоби [20, 21]. Деякі мутації цього гену мають вплив на зниження маси тварин за рахунок втрати жирових відкладень через прискорення метаболізму, а також мають вплив на процес лактації у самиць [22]. Відповідно до наявної інформації щодо різноманітності функцій, які опосередковано здійснює гормон лептин, поліморфізм за даним геном варто використовувати як маркер при проведенні селекції.

Висновки. Дослідження поліморфізму генів, які кодують білки асоційовані із молочною продуктивністю та поліморфізму генів, що кодують гормони, які впливають на загальний розвиток організму, може бути перспективним напрямом наукової діяльності. Огляд світової наукової літератури констатує той факт, що країни, які мають значний демографічний ріст населення, найбільше зацікавлені селекційною роботою у козівництві з урахуванням генотипування за алельними варіантами генів-кандидатів продуктивних ознак. Отже, проведення наукового дослідження за вищеперерахованими генами дозволить розширити наукові знання про генетичний потенціал тварин і сприятиме розкриттю механізмів формування ознак молочної та м'ясної продуктивності.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Маслюк А. М., Атановська-Маслюк О. Й., Зіневич В. М. Стан козівництва у світі, перспективи розвитку та наукове забезпечення в Україні. Вівчарство та козівництво. 2020. Вип. 5. С. 238–254. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/vivkoz_2020_5_22
2. Antonenko P. P., Chumak S. V., Chumak V. O. Physical and chemical composition of goat milk during smallholder production in the conditions of the natural and agricultural zone of the Steppe of Ukraine. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2019. Vol. 7, № 4. P. 198–204. DOI: <https://doi.org/10.32819/2019.74035>
3. Lu C. D., Miller B. A. Current status, challenges and prospects for dairy goat production in the Americas. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2019. Vol. 32, № 8. P. 1244–1255. DOI: <https://10.5713/ajas.19.0256>
4. Ладика Л. М., Шаповалов С. О., Фотіна Т. І., Кісельов О. В., Калашніков В. О., Рижкова Т. М. Фізико-хімічний склад козячого молока за умов проведення моніторингових досліджень його якості на Сході України. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок*. Львів, 2014. Вип. 5, № 1. С. 27–34.
5. Caravaca F., Ares J. L., Carrizosa J. et al. Effects of α s1-casein (CSN1S1) and κ -casein (CSN3) genotypes on milk coagulation properties in Murciano-Granadina goats. *J. Dairy Res.* 2011. Vol. 78, № 1. P. 32–37. DOI: 10.1017/S002202991000083X
6. Rijnkels M. Multispecies comparison of the casein gene loci and evolution of casein gene family. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia*. 2002. Vol. 7. P. 327–345. DOI: <https://10.1023/a:1022808918013>
7. Kupper J., Chessa S., Rignanese D., Caroli A., Erhardt G. Divergence at the casein haplotypes in dairy and meat goat breeds. *J. Dairy Res.* 2010. Vol. 77. P. 56–62. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029909990343>
8. Patel S. B., Pande A. M., Rank D. N., Arya J. S., Jacob N. Polymorphic characteristics of Kappa casein in Zalawadi goat. *Indian Journal of Biotechnology*. 2011. Vol. 10. P. 235–237. URL : https://www.researchgate.net/publication/236839784_Polymorphic_Characteristics_of_Kappa_Casein_in_Zalawadi_goat
9. Marletta D., Criscione A., Bordonaro S., Guastella A. M., D'Urso G. Casein polymorphism in goat's milk. *Dairy Science and Technology*. 2007. Vol. 87. P. 491–504. DOI: <https://10.1051/LAIT:2007034>
10. Ballester M., Sa'nchez A., Folch J. M. Polymorphisms in the goat *b*-lactoglobulin gene. *Journal of Dairy Research*. 2005. Vol. 72. P. 379–384. DOI: <https://10.1017/S0022029905000981>
11. Kontopidis G., Holt C., Sawyer L. Invited review: β Lactoglobulin: binding properties, structure, and function. *J. Dairy Sci.* 2004. Vol. 87, № 4. P. 785–796. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73222-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73222-1)
12. Franziska Roth-Walter, Luis F. Pacios, Cristina Gomez-Casado, Gerlinde Hofstetter. The Major Cow Milk Allergen Bos d 5 Manipulates T-Helper Cells Depending on Its Load with Siderophore-Bound Iron. *PLoS One*. 2014. Vol. 9, № 8. e104803. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104803>
13. Dalgleish D. G. Bovine milk protein properties and the manufacturing quality of milk *Livestock production science*. 1992. Vol. 35. P. 75–93. DOI: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90183-I](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90183-I)
14. Pena R. N., Sanchez A., Folch J. M. Characterization of genetic polymorphism in the goat beta-lactoglobulin gene. *J. Dairy Res.* 2000. Vol. 67, № 2. P. 217–224. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029900004155>
15. Kunda R. M., Volkandari S. D., Rumanta M., Kakisina P. Polymorphism of Growth Hormone (GH) Gene in Lakor Goat from Lakor Island of Southwest Maluku Regency. *Buletin Peteranakan*. 2020. Vol. 44, № 4. P. 194–199. DOI: <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v44i4.58934>

16. Amie Marini A. B., Aslinda K., Hifzan R. M., Muhd. Faisal B., Musaddin K. HaeIII-RFLP Polymorphism of growth hormone gene in Savanna and Kalahari goats. *Malaysian Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 15, No. 1. P. 13–19. URL : <http://www.msap.my/mjas15/2-Amie.pdf>
17. Gitanjali G., Sankhyan V., Thakur Y. P., Dogra P. K. Effect of growth hormone gene polymorphism on growth traits in migratory Gaddi goats of Western Himalayas, India. *Trop Anim. Health. Prod.* 2020. Vol. 52, N 4. P. 2091–2099. DOI: <https://10.1007/s11250-020-02227-4>
18. Mohammadabadi M. R., Asadollahpour Nanaei H. Leptin gene expression in Raini Cashmere goat using Real Time PCR. *Agricultural Biotechnology Journal*. 2021. Vol. 13, N 1. P. 197–214. DOI: <https://10.22103/JAB.2021.17334.1305>
19. Gregorio P. D., Trana A. D., Celi P., Claps S., Rando A. Comparison of goat, sheep, cattle and water buffalo leptin (LEP) genes and effects of the Intron 1 microsatellite polymorphism in goats. *Animal Production Science*. 2014. Vol. 54. P. 1258-1262. DOI: <https://10.1071/AN14101>
20. Shojaei M., Mohammadabadi M. R., Asadi Fozi M., Dayani O., Khezri A. Association of growth trait and Leptin gene polymorphism in Kermani sheep. *Journal of Cell and Molecular Research*. 2010. Vol. 2. P. 67–73. DOI: <https://10.22067/jcmr.v2i2.3117>
21. Esmaeili Avn, Asmaeilizadeh Koshkooieh A, Aytolahi A. M, Mohammadabadi M. R., Babenko O. I., Bushtruk M., Tkachenko S., Stavetska R., Klopenko N. Comparison of genetic diversity of leptin gene between wild goat and domestic goat breeds in Iran. *Malaysian Applied Biology*. 2019. Vol. 48, N 3. P. 85–93. URL : https://www.researchgate.net/publication/335444912_Comparison_of_genetic_diversity_of_leptin_gene_between_wild_goat_and_domestic_goat_breeds_in_iran
22. Moneval C. S. O., Sangel P. P., Angeles A. A., Mendiolo M. S., Vega R. SA. Leptin Gene (T117C) Polymorphism and Its Association with Milk Yield Performance in Crossbred Anglo-Nubian Goats. *Philippine Journal of Science*. 2022. Vol. 151, № 1. P. 333–339. DOI: <https://10.56899/151.01.25>

REFERENCES

1. Maslyuk, A. M., O. Y. Atanovska-Maslyuk, and V. M. Zinevych. 2020. Stan kozivnytstva u sviti, perspektyvy rozvytku ta naukove zabezpechennya v Ukrayini – State of goat breeding in the world, prospects for development and scientific support in Ukraine. *Vivcharstvo ta kozivnytstvo – Sheep breeding and goat breeding*. 5:238–254. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vivkoz_2020_5_22 (in Ukrainian).
2. Antonenko, P. P., S. V. Chumak, and V. O. Chumak. 2019. Physical and chemical composition of goat milk during smallholder production in the conditions of the natural and agricultural zone of the Steppe of Ukraine. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 7(4):198–204. DOI: <https://doi.org/10.32819/2019.74035> (in English).
3. Lu, C. D., and B. A. Miller. 2019. Current status, challenges and prospects for dairy goat production in the Americas. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 32(8):1244–1255. DOI:10.5713/ajas.19.0256 (in English).
4. Ladyka, L. M., S. O. Shapovalov, T. I. Fotina, O. V. Kyselov, V. O. Kalashnikov, and T. M. Ryzhkova. 2014. Fizykokhimichnyy sklad kozyachoho moloka za umov provedennya monitoringovykh doslidzhen yoho yakosti na Skhodi Ukrayiny – Physico-chemical composition of goat's milk under conditions of monitoring of its quality in the East of Ukraine. *Naukovo-Tekhnichnyy Byuleten Instytutu Biologiyi Tvaryn i Derzhavnoho Naukovo-Doslidnoho Kontrolnoho Instytutu Vetpreparativ ta Kormovykh Dobavok – Scientific and technical bulletin of the Institute of Animal Biology and the State Research Control Institute of Veterinary Medicines and Feed Additives*. L'viv, 5(1):27–34 (in Ukrainian).
5. Caravaca, F., J. L. Ares, and J. Carrizosa et al. 2011. Effects of α s1-casein (CSN1S1) and κ -casein (CSN3) genotypes on milk coagulation properties in Murciano-Granadina goats. *J. Dairy Res.* 78(1):32–37. DOI: 10.1017/S002202991000083X (in English).

6. Rijnkels, M. 2002. Multispecies comparison of the casein gene loci and evolution of casein gene family. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia*. 7:327–345. DOI: 10.1023/a:1022808918013 (in English).
7. Kupper, J., S. Chessa, D. Rignanese, A. Caroli, and G. Erhardt. 2010. Divergence at the casein haplotypes in dairy and meat goat breeds. *J. Dairy Res.* 77:56–62. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029909990343> (in English).
8. Patel, S. B., A. M. Pande, D. N. Rank, J. S. Arya, and N. Jacob. 2011. Polymorphic characteristics of Kappa casein in Zalawadi goat. *Indian Journal of Biotechnology*. 10:235–237. URL: https://www.researchgate.net/publication/236839784_Polymorphic_Characteristics_of_Kappa_Casein_in_Zalawadi_goat (in English).
9. Marletta, D., A. Criscione, S. Bordonaro, A. M. Guastella, and G. D’Urso. 2007. Casein polymorphism in goat’s milk. *Dairy Science and Technology*. 87:491–504. DOI:10.1051/LAIT:2007034 (in English).
10. Ballester, M., A. Sa’nchez, and J. M. Folch. 2005. Polymorphisms in the goat *b*-lactoglobulin gene. *Journal of Dairy Research*. 72:379–384. DOI: 10.1017/S0022029905000981 (in English).
11. Kontopidis, G., C. Holt, and L. Sawyer. 2004. Invited review: β Lactoglobulin: binding properties, structure, and function. *J. Dairy Sci.* 87(4):785–796. DOI: [doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73222-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73222-1) (in English).
12. Franziska Roth-Walter, and F. Luis. 2014. Pacios, Cristina Gomez-Casado, Gerlinde Hofstetter. The Major Cow Milk Allergen Bos d 5 Manipulates T-Helper Cells Depending on Its Load with Siderophore-Bound Iron. *PLoS One*. 9(8):e104803. DOI: doi.org/10.1371/journal.pone.0104803 (in English).
13. Dalgleish, D. G. 1992. Bovine milk protein properties and the manufacturing quality of milk *Livestock production science*. 35:75–93. DOI: [doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90183-I](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90183-I) (in English).
14. Pena, R. N., A. Sanchez, and J. M. Folch. 2000. Characterization of genetic polymorphism in the goat beta-lactoglobulin gene. *J. Dairy Res.* 67(2):217–224. DOI: doi.org/10.1017/S0022029900004155 (in English).
15. Kunda, R. M., S. D. Volkandari, M. Rumanta, and P. Kakisina. 2020. Polymorphism of Growth Hormone (GH) Gene in Lakor Goat from Lakor Island of Southwest Maluku Regency. *Buletin Peternakan*. 44(4):194–199. DOI: <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v44i4.58934> (in English).
16. Amie Marini, A. B., K. Aslinda, R. M. Hifzan, B. Muhd. Faisal, and K. Musaddin. 2012. HaeIII-RFLP Polymorphism of growth hormone gene in Savanna and Kalahari goats. *Malaysian Journal of Animal Science*. 15(1):13–19 URL: <http://www.msap.my/mjas15/2-Amie.pdf> (in English).
17. Gitanjali, G., V. Sankhyan, Y. P. Thakur, and P. K. Dogra. 2020. Effect of growth hormone gene polymorphism on growth traits in migratory Gaddi goats of Western Himalayas, India. *Trop Anim. Health. Prod.* 52(4):2091–2099. DOI: 10.1007/s11250-020-02227-4 (in English).
18. Mohammadabadi, M. R., and H. Asadollahpour Nanaei. 2021. Leptin gene expression in Raini Cashmere goat using Real Time PCR. *Agricultural Biotechnology Journal*. 13(1):197–214. DOI: 10.22103/JAB.2021.17334.1305 (in English).
19. Gregorio, P. D., A. D. Trana, P. Celi, S. Claps, and A. Rando. 2014. Comparison of goat, sheep, cattle and water buffalo leptin (LEP) genes and effects of the Intron 1 microsatellite polymorphism in goats. *Animal Production Science*. 54:1258–1262. DOI:10.1071/AN14101 (in English).
20. Shojaei, M., M. R. Mohammadabadi, M. Asadi Fozzi, O. Dayani, and A. Khezri. 2010. Association of growth trait and Leptin gene polymorphism in Kermani sheep. *Journal of Cell and Molecular Research*. 2:67–73. DOI:10.22067/jcmr.v2i2.3117 (in English).
21. Esmaeili Avn, A. Asmaeilzadeh Koshkooieh, A. M. Aytolahi, M. R. Mohammadabadi, O. I. Babenko, M. Bushtruk, S. Tkachenko, R. Stavetska, and N. Klopenko. 2019. Comparison of genetic diversity of leptin gene between wild goat and domestic goat breeds in Iran. *Malaysian Ap-*

plied Biology. 48(3):85–93. URL: https://www.researchgate.net/publication/335444912_Comparison_of_genetic_diversity_of_leptin_gene_between_wild_goat_and_domestic_goat_breeds_in_iran (in English).

22. Moneval, C. S. O., P. P. Sangel, A. A. Angeles, M. S. Mendioro, and R. SA. Vega. 2022. Leptin Gene (T117C) Polymorphism and Its Association with Milk Yield Performance in Crossbred Anglo-Nubian Goats. *Philippine Journal of Science*. 151(1):333–339. DOI: 10.56899/151.01.25 (in English).

Одержано редколегією 08.05.2023 р.

Прийнято до друку 30.05.2023 р.