



UDC 636.4:082

DOI: 10.48077/scihor.23(9).2020.30-37

FATTENING AND MEAT QUALITIES OF STORE PIGS OF LARGE WHITE BREED OF DIFFERENT INTRA-BREED DIFFERENTIATION BY MELANOCORTIN-4 RECEPTOR GENE (MC4R)

Viktor Khalak*

Institute of Grain Crops of NAAS of Ukraine
49027, 14 Volodymyr Vernadskyi Str., Dnipro, Ukraine

Article's History:

Received: 21.07.2020

Revised: 25.08.2020

Accepted: 17.09.2020

*Corresponding author:

Institute of Grain Crops of NAAS of Ukraine, 49027, 14 Volodymyr Vernadskyi Str., Dnipro, Ukraine, E-mail: v16kh91@gmail.com

Suggested Citation:

Khalak, V. (2020). Fattening and meat qualities of store pigs of large white breed of different intra-breed differentiation by melanocortin-4 receptor gene (MC4R). *Scientific Horizons*, Vol. 23, No. 9, pp. 30–37.

Abstract. The study presents the results of research on fattening and meat qualities of store pigs of large white breed of different intra-breeding differentiation by the gene of melanocortin-4 receptor (MC4R). The study calculated the economic efficiency of animals of different genotypes. The following fattening and meat qualities were evaluated: average daily increase in live weight during the period of control fattening, g; age of live weight 100 kg, days; fat thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae, mm; the length of the cooled carcass, cm; length of bacon half of chilled half-carcass, cm. It was established that store pigs of controlled population at the age of reaching live weight of 100 kg, fat thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae, and length of chilled carcass exceed the minimum requirements of the elite class by 13.69%. A significant difference between animals of different genotypes by the gene of the melanocortin-4 receptor (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) was established according to the average daily live weight gain during the control fattening period (4.24%, $P < 0.01$), the age of reaching a live weight of 100 kg (2.18%, $P < 0.01$), fat thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae (8.45%, $P < 0.05$), length of chilled carcass (2.26%, $P < 0.001$), length of bacon half of chilled half carcass (3.36%, $P < 0.001$) and selection index (SI) (18.92%, $P < 0.05$). Significant correlations in animals of different genotypes by the melanocortin-4 receptor gene (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) were identified regarding the following features: average daily live weight gain during the control period of fattening \times age of 100 kg live weight (-0.475 – -0.853), average daily live weight for the period of control fattening \times SI (+0.686 – +0.770), SI \times age of reaching live weight 100 kg (+0.515 – -0.721), SI \times fat thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae (-0.944 – -0.885), length of chilled carcass \times length of bacon half of chilled carcass (+0.899 – +0.861). The maximum increase in additional products was obtained from the sale of young pigs by the gene for the melanocortin-4 receptor MC4R^{AG} – +2.02%

Keywords: young pigs, breed, genotype, fattening and meat qualities, economic efficiency, variability, correlation

ВІДГОДІВЕЛЬНІ ТА М'ЯСНІ ЯКОСТІ МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ ВЕЛИКОЇ БІЛОЇ ПОРОДИ РІЗНОЇ ВНУТРІПОРОДНОЇ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ ЗА ГЕНОМ РЕЦЕПТОРУ МЕЛАНКОРТИНУ-4 (MC4R)

Віктор Іванович Халак

Інститут зернових культур НААН України
49027, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, Україна

Анотація. У роботі наведено результати досліджень відгодівельних і м'ясних якостей молодняку свиней великої білої породи різної внутріпородної диференціації за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R), розраховано економічну ефективність використання тварин різних генотипів. Оцінювали наступні відгодівельні та м'ясні ознаки: середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; вік досягнення живої маси 100 кг, дб; товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм; довжина охолодженої туші см; довжина беконної половини охолодженої півтуші, см. Встановлено, що молодняк свиней підконтрольної популяції за віком досягнення живої маси 100 кг, товщиною шпигу на рівні 6–7 грудних хребців і довжиною охолодженої туші переважає мінімальні вимоги класу еліта в середньому на 13,69 %. Достовірну різницю між тваринами різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) встановлено за середньодобовим приростом живої маси за період контрольної відгодівлі (4,24 %, P<0,01), віком досягнення живої маси 100 кг (2,18 %, P<0,01), товщиною шпигу на рівні 6–7 грудних хребців (8,45 %, P<0,05), довжиною охолодженої туші (2,26 %, P<0,001), довжиною беконної половини охолодженої півтуші (3,36 %, P<0,001) і селекційним індексом (CI) (18,92 %, P<0,05). Достовірні кореляційні зв'язки у тварин різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) встановлено між наступними ознаками: середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі × вік досягнення живої маси 100 кг (-0,475 – -0,853), середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі × CI (+0,686 – +0,770), CI × вік досягнення живої маси 100 кг (+0,515 – -0,721), CI × товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців (-0,944 – -0,885), довжина охолодженої туші × довжина беконної половини охолодженої півтуші (+0,899 – +0,861). Максимальну прибавку додаткової продукції одержано від реалізації молодняку свиней за геном рецептору меланокортину-4 MC4R^{AG} – +2,02 %

Ключові слова: молодняк свиней, порода, генотип, відгодівельні і м'ясні якості, економічна ефективність, мінливість, кореляція

ВСТУП

Новітні дослідження в області генетики дозволили виділити у сільськогосподарських тварин локуси геному, які контролюють власну продуктивність та продуктивність отриманого від них потомства. Це дає можливість вести селекційний процес на якісно новому рівні. У свиней це відкриває нові можливості не лише для глибокого пізнання генетичної структури популяцій, але і для прискорення прогресу в селекційно-племінній роботі. Зокрема дозволяє проводити типування за допомогою молекулярно-генетичних маркерів продуктивності [1–3].

Маркер-залежна селекція – селекція на основі ДНК-маркерів є перспективним напрямком для підвищення ефективності виробництва продукції тваринництва. Генами-маркерами виступають гени, що мають вплив на біохімічні та фізіологічні процеси в організмі та володіють поліморфізмом

(різні алельні варіанти) обумовленим, як правило, точковими мутаціями [4–6].

Розвиток методів аналізу поліморфізму ДНК з використанням полімеразної ланцюгової реакції відкрив перед дослідниками великі можливості не тільки щодо встановлення фундаментальних закономірностей формування генофонду в процесі спрямованого відбору, а також для вирішення прикладних задач селекції. Підтвердженням цьому є фундаментальні дослідження українських і зарубіжних учених [7–13].

Мета роботи – дослідити відгодівельні та м'ясні якості молодняку свиней великої білої породи різної внутріпородної диференціації за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}), розрахувати рівень кореляційних зв'язків між ознаками та економічну ефективність використання тварин піддослідних груп.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проведено в СТОВ «Дружба-Казначейка» Дніпропетровської області, м'ясокомбінаті «Джаз», лабораторії генетики Інституту свинарства і АПВ НААН і лабораторії тваринництва Державної установи Інститут зернових культур НААН. Робота виконана згідно програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук № 30 «Інноваційні технології племінного, промислового та органічного виробництва продукції свинарства» («Свинарство»)

Об'єктом досліджень був молодняк свиней великої білої породи англійського походження. Оцінку тварин за відгодівельними та м'ясними якостями проводили з урахуванням наступних кількісних ознак: середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; вік досягнення живої маси 100 кг, діб; товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм; довжина охолодженої туші см; довжина беконної половини охолодженої півтуші, см. Довжину охолодженої туші вимірювали мірною стрічкою від краю зрощення лонних кісток до передньої поверхні першого шийного хребця; довжину беконної половинки охолодженої півтуші – від переднього краю лонної кістки до середини переднього краю першого ребра [14]. ДНК-типунання за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R) проводили за [15; 16]. Вік досягнення живої маси 100 кг розраховували за формулами (1–2):

- якщо жива маса тварини становила 85–99 кг:

$$D_{100} = \left[(100 \text{ кг} - M_0) \div \frac{M_0 - M_{no}}{D_0 - D_{no}} \right] + D_0, \quad (1)$$

- якщо жива маса тварини становила 101–115 кг:

$$D_{100} = D_0 - \left[(M_0 - 100 \text{ кг}) \div \frac{M_0 - M_{no}}{D_0 - D_{no}} \right] + D_0, \quad (2)$$

де: D_{100} – вік досягнення живої маси 100 кг, діб; D_0 – вік при останньому зважуванні, діб; D_{no} – вік попереднього зважування, діб; M_0 – жива маса при останньому зважуванні, кг; M_{no} – жива маса при попередньому зважуванні, кг [17].

Інтегровану оцінку відгодівельних і м'ясних якостей молодняку свиней піддослідних груп проводили за селекційним індексом (CI) (3):

$$CI = 0,18 \times x_1 + 4,46 \times x_2 \quad (3)$$

де: CI – селекційний індекс, бала; x_1 – середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; x_2 – товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм [18].

Умови годівлі й утримання молодняку свиней піддослідних груп були ідентичними та

відповідали зоотехнічним нормам. Економічну ефективність використання тварин різних генотипів (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) розраховували за формулою (4):

$$E = C \times \frac{C \times L}{100} \times L \times K \quad (4)$$

де: E – вартість додаткової продукції, грн; C – закупівельна ціна одиниці продукції, відповідно до існуючих цін, які діють в Україні; L – середня продуктивність тварин; L – середня надбавка основної продукції (%), яка виражена у відсотках на 1 голову при застосуванні нового та поліпшеного селекційного досягнення порівняно з продуктивністю тварин базового використання; L – постійний коефіцієнт зменшення результату, який пов'язаний з додатковими витратами на прибуткову продукцію (0,75); K – чисельність поголів'я сільськогосподарських тварин нового або поліпшеного селекційного досягнення, голів [19].

Біометричну обробку одержаних даних розраховували за загальноприйнятими методиками [20].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Встановлено, що молодняк свиней підконтрольного стада ($n=50$) характеризується достатньо високими показниками відгодівельних і м'ясних якостей. Так, середньодобовий приріст живої маси тварин за період контрольної відгодівлі становить $779,9 \pm 5381$ г ($Cv=4,84$ %), вік досягнення живої маси 100 кг – $177,2 \pm 0,68$ діб ($Cv=2,82$ %), товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців – $20,4 \pm 0,35$ мм ($Cv=12,48$ %), довжина охолодженої туші – $96,4 \pm 0,33$ см ($Cv=1,78$ %), довжина беконної половини охолодженої півтуші – $85,4 \pm 0,59$ см ($Cv=3,59$ %). Селекційний індекс (CI) коливається у межах від 23,29 до 84,77 балів.

Результати досліджень відгодівельних і м'ясним якостей молодняку свиней великої білої породи різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) наведено в таблиці 1. Дослідження показали, що молодняк свиней II групи переважає ровесників I за середньодобовим приростом живої маси за період контрольної відгодівлі на 33,8 г ($td=3,49$; $P<0,01$), віком досягнення живої маси 100 кг – 3,9 діб ($td=2,80$; $P<0,01$), товщиною шпигу на рівні 6–7 грудних хребців – 1,8 мм ($td=2,60$; $P<0,05$), довжині охолодженої туші – 2,2 см ($td=4,07$; $P<0,001$), довжині беконної половини охолодженої півтуші – 2,9 см ($td=3,53$; $P<0,001$). За селекційним індексом (CI) різниця між тваринами II і I груп дорівнює 11,69 бала ($td=2,90$; $P<0,01$).

Встановлено, що кореляційний зв'язок між відгодівельними та м'ясними якостями в молодняку свиней великої білої породи різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) коливається у межах від -0,944 (tr=12,13, P<0,001, пара ознак: селекційний індекс

(CI) × товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, генотип тварин – MC4R^{AA}) до +0,899 (tr=8,70, P<0,001, пара ознак: довжина охолодженої туші × довжина беконної половини охолодженої півтуші, генотип тварин – MC4R^{AA}) (табл. 2, 3).

Таблиця 1. Відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней великої білої породи різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG})

Показники (ознаки), одиниці виміру	Біометричні показники	Генотип	
		MC4R ^{AA}	MC4R ^{AG}
		група	
		I	II
Середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г	n	24	26
	$\bar{X} \pm S_x$	762,2±6,58	796,0±7,08**
	$\sigma \pm X\sigma$	32,23±4,657	36,14±5,012
	$C_v \pm S_{C_v}$, %	4,22±0,609	4,54±0,629
Вік досягнення живої маси 100 кг, діб	$\bar{X} \pm S_x$	178,3±0,87	174,4±1,09**
	$\sigma \pm X\sigma$	4,26±0,615	5,57±0,772
	$C_v \pm S_{C_v}$, %	2,39±0,345	3,19±0,442
± до класу еліта, %	-	-6,15	-8,21
Товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм	$\bar{X} \pm S_x$	21,3±0,47	19,5±0,51*
	$\sigma \pm X\sigma$	2,31±0,333	2,62±0,363
	$C_v \pm S_{C_v}$, %	10,84±1,566	13,43±1,862
± до класу еліта, %	-	-27,79	-33,89
Селекційний індекс (CI), бала	lim	25,36-84,77	23,29-75,21
	$\bar{X} \pm S_x$	41,70±3,104	53,39±2,572*
	$\sigma \pm X\sigma$	13,88±2,005	12,06±1,672
	$C_v \pm S_{C_v}$, %	33,28±4,809	22,58±3,131
Довжина охолодженої туші, см	n	9	15
	$\bar{X} \pm S_x$	95,1±0,35	97,3±0,42***
	$\sigma \pm X\sigma$	1,05±0,247	1,63±0,297
	$C_v \pm S_{C_v}$, %	1,10±0,259	1,67±0,305
± до класу еліта, %	-	+2,20	+4,41
Довжина беконної половини охолодженої півтуші, см	$\bar{X} \pm S_x$	83,3±0,60	86,2±0,57***
	$\sigma \pm X\sigma$	1,80±0,424	2,21±0,404
	$C_v \pm S_{C_v}$, %	2,16±0,509	2,56±0,468

Примітка: * – P<0,05, ** – P<0,01, *** – P<0,001

Таблиця 2. Кореляційні зв'язки між відгодівельними та м'ясними якостями молодняку свиней великої білої породи генотипу MC4R^{AA}, n=24

Показники (ознаки), одиниці виміру	Біометричні показники	Показники (ознаки), одиниці виміру					
		1	2	3	4	5	6
Середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г	r	-	-0,475 ^a	-0,406	0,686 ^b	-0,300	-0,374
	tr	-	2,29	1,88	4,00	1,33	1,74
Вік досягнення живої маси 100 кг, діб	r	-0,475 ^a	-	0,430	0,515 ^a	0,302	0,194
	tr	2,29	-	2,02	2,55	1,34	0,83
Товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм	r	-0,406	0,430	-	-0,944 ^b	0,499 ^a	0,552 ^a
	tr	1,88	2,02	-	12,13	2,44	2,80
Селекційний індекс (CI), бала	r	0,686 ^b	0,515 ^a	-0,944 ^b	-	-0,490 ^a	0,560 ^b
	tr	4,00	2,55	12,13	-	2,38	2,86
Довжина охолодженої туші, см	r	-0,300	0,302	0,499 ^a	-0,490 ^a	-	0,899 ^b
	tr	1,33	1,34	2,44	2,38	-	8,70
Довжина беконної половини охолодженої півтуші, см	r	-0,374	0,194	0,552 ^a	0,560 ^b	0,899 ^b	-
	tr	1,74	0,83	2,80	2,86	8,70	-

Примітка: 1 – середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; 2 – вік досягнення живої маси 100 кг, діб; 3 – товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм; 4 – селекційний індекс (CI), бала; 5 – довжина охолодженої туші, см; 6 – довжина беконної половини охолодженої півтуші, см; а – $P < 0,05$; б – $P < 0,01$; в – $P < 0,001$

Таблиця 3. Кореляційні зв'язки між відгодівельними та м'ясними якостями молодняку свиней великої білої породи генотипу MC4R^{AG}, n=26

Показники (ознаки), одиниці виміру	Біометричні показники	Показники (ознаки), одиниці виміру					
		1	2	3	4	5	6
Середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г	r	-	-0,853 ^в	-0,384	0,770 ^в	0,076	-0,034
	tr	-	7,31	1,86	5,40	0,34	0,14
Вік досягнення живої маси 100 кг, діб	r	-0,853 ^в	-	0,420 ^а	-0,721 ^в	0,060	0,070
	tr	7,31	-	2,07	4,65	0,27	0,31
Товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм	r	-0,384	0,420 ^а	-	-0,885 ^в	-0,242	-0,208
	tr	1,86	2,07	-	8,50	1,12	0,95
Селекційний індекс (CI), бала	r	0,770 ^в	-0,721 ^в	-0,885 ^в	-	0,232	0,153
	tr	5,40	4,65	8,50	-	1,07	0,69
Довжина охолодженої туші, см	r	0,076	0,060	-0,242	0,232	-	0,861 ^в
	tr	0,34	0,27	1,12	1,07	-	7,57
Довжина беконної половини охолодженої півтуші, см	r	-0,034	0,070	-0,208	0,153	0,861 ^в	-
	tr	0,14	0,31	0,95	0,69	7,57	-

Примітка: 1 – середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; 2 – вік досягнення живої маси 100 кг, діб; 3 – товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм; 4 – селекційний індекс (CI), бала; 5 – довжина охолодженої туші, см; 6 – довжина беконної половини охолодженої півтуші, см, а – $P < 0,05$; в – $P < 0,001$

Достовірні зв'язки з імовірністю $P < 0,05$ – $P < 0,001$ у тварин зазначених генотипів встановлено між наступними парами ознак: середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі × вік досягнення живої маси 100 кг (-0,475 – -0,853),

середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі × селекційний індекс (CI) (+0,686 – +0,770), селекційний індекс (CI) × вік досягнення живої маси 100 кг (+0,515 – -0,721), селекційний індекс (CI) × товщина шпигу на рівні

6–7 грудних хребців (-0,944– -0,885), довжина охолодженої туші × довжина беконної половини охолодженої півтуші (+0,899 – +0,861). Результати розрахунку економічної ефективності використання молодняка свиней великої білої породи різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) наведено в таблиці 4.

Розрахунок економічної ефективності результатів досліджень показав, що максимальну прибавку додаткової продукції одержано від молодняка свиней II групи (MC4R^{AG}) – 2,02 %, а її вартість становить +549,42 грн/гол.

Таблиця 4. Економічна ефективність використання молодняка свиней великої білої породи різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG})

Група, генотип	n	Середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г	Прибавка додаткової продукції, %	Вартість додаткової продукції, грн/гол*
Загальна вибірка	50	779,9±5381	-	-
I – MC4R ^{AA}	24	762,2±6,58	-2,26	-614,69
II – MC4R ^{AG}	26	796,0±7,08	+2,02	+549,42

Примітка: * – ціна реалізації молодняка свиней на переробні підприємства регіону дорівнювала 46,5 грн/кг

ВИСНОВКИ

Встановлено, що молодняк свиней великої білої породи підконтрольної популяції за віком досягнення живої маси 100 кг, товщиною шпигу на рівні 6–7 грудних хребців і довжиною охолодженої туші переважав мінімальні вимоги класу еліта на 6,73, 30,84 і 3,52 %. Достовірну різницю між тваринами різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) встановлено за середньодобовим приростом живої маси за період контрольної відгодівлі (33,8 г, P<0,01), віком досягнення живої маси 100 кг (3,9 діб, P<0,01), товщиною шпигу на рівні 6–7 грудних хребців (1,8 мм, P<0,05), довжиною охолодженої туші (2,2 см, P<0,001), довжиною беконної половини охолодженої півтуші (2,9 см, P<0,001) і селекційним індексом (CI) (3,15 бала, P<0,05).

Достовірні зв'язки у тварин різних генотипів за геном рецептору меланокортину-4 (MC4R^{AA}, MC4R^{AG}) встановлено між наступними парами ознак: середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі × вік досягнення живої маси 100 кг (-0,475 – -0,853), середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі × селекційний індекс (CI) (+0,686 – +0,770), селекційний індекс (CI) × вік досягнення живої маси 100 кг (+0,515 – -0,721), селекційний індекс (CI) × товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців (-0,944 – -0,885), довжина охолодженої туші × довжина беконної половини охолодженої півтуші (+0,899 – +0,861).

Максимальну прибавку додаткової продукції

(+2,02 %) одержано від реалізації молодняка свиней за геном рецептору меланокортину-4 MC4R^{AG}. Середньодобовий приріст живої маси тварин зазначеної групи за період контрольної відгодівлі становить 796,0±7,08 г, селекційний індекс (CI) – 16,70±0,937 бала. З метою прискорення селекційного процесу щодо покращення відгодівельних і м'ясних якостей молодняка свиней пропонуємо поряд з традиційними методами оцінки племінної цінності використовувати методи індексної та маркер-асоційованої селекції.

REFERENCES

- [1] Sheyko, I.P., Loban, N.A., & Vasilyuk, O.Ya. (2005). Development of molecular genetic diagnostics methods and their use in pig breeding in Belarus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*, 1, 62-66.
- [2] Konoval, O., Kostenko, S., Bilek, K., & Filkukova, J. (2008). Researches of Large White breed by polymorphism of genes which responsible for economical-valuable traits. *Scientific Reports of NAU*, 1(9). Retrieved from <http://nd.nubip.edu.ua/2008-1/08komevt.pdf>.
- [3] Loban, N.A., & Chernov, A.S. (2009). DNA-diagnostics of signs of productivity of pigs. *Animal Husbandry of Russia. Special Issue. Pig Breeding*, 23-24.

- [4] Balatsky, V.M., Ovsyanyk, T.V., & Korinnyi, S.M. (2008). Associations of genes in the population of pigs of large white breed of English selection. *Pig Breeding. The Interdepartmental Subject Scientific Digest*, 56, 41-45.
- [5] Loban, N.A., Vasilyuk, O.Ya., & Sheyko, I.P. (2011). Improving the productive qualities of pigs of the Belarusian large white breed using marker genes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*, 3, 89-95.
- [6] Maksimov, G.V., & Tupikin, V.V. (2009). Influence of ESR gene polymorphism on the dynamics of live weight of large white pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 9(63), 95-99.
- [7] Kapelański, W., Eckert, R., Jankowiak, H., & Mucha, A. (2013). Polymorphism of ESR, FSH β , RBP4, PRL, OPN genes and their influence on morphometric traits of gilt reproductive tract before sexual maturity. *Acta Veterinaria Brno*, 82(4), 369-374.
- [8] Khalak, V.I., Chernyavskiy, S.Ye., Il'chenko, M.A., Petul'ko, P.V., & Gorchanok, A.V. (2019). Biochemical parameters of blood serum and their relationship with the fattening and meat qualities of young pigs of different genotypes by SNP c .1426 g> a gene for melanocortin 4 receptor (Mc4r). In *Biotechnology: Achievements and Prospects for Development: collection of materials of the IV International Scientific and Practical Conference* (pp. 38-41). Pinsk: Polissia National University.
- [9] Khalak, V.I., Voloshchuk, V.M., Pochernyayev, K.F., Smyslov, S.Yu., & Il'chenko, M.O. (2020). Indexes of reproductive ability and their repeatability in sows of different genotypes, taking into account the polymorphism g.1426g> a of the MC4R gene. *The Interdepartmental Subject Scientific Digest. Pig Breeding*, 74, 49-62. doi: 10.37143/0371-4365-2020-74-06.
- [10] Usatov, A.V., Azarin, K.V., Markin, N.V., Tikhobaeva, V.E., Usatova, O.A., Makarenko, M., Klimenko, A.I., Kolosov, Y.A., Bakoev, S., Getmantseva, L., & Gorbachenko, O.F. (2014). The relationship between heterosis and genetic distances based on SSR markers in *Helianthus annuus*. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 9(3), 270-276.
- [11] Klimenko, A.I., Maksimov, A.G., Maksimov, G.V., & Lenkova, N.V. (2016). Markers of sow productivity. In *Selection of Farm Animals and Technology of Livestock Production: materials of the International Research-to-Practice Conference* (pp. 181-189). Persianovskiy: Don State Agrarian University.
- [12] Maksimov, G.V., Maksimov, A.G., & Lenkova, N.V. (2015). Genotype of sows by marker genes and their productivity. In *Actual Problems of Pig Production: materials of the XXIV meeting of the interuniversity coordination council on pig breeding* (pp. 42-47). Persianovskiy: Don State Agrarian University.
- [13] Maksimov, G.V., Maksimov, A.G., Lenkova, N.V., Gul'ko, Ye.Yu., & Smirnov, N.N. (2016). Influence of RYR1, ESR and H-FABP genes on meat qualities of young pigs. *Chief Zootechnician*, 2, 26-32.
- [14] Berezovskyy, M.D., & Khatko, I.V. (2005). Methods for assessing boars and sows on the quality of offspring in breeding plants and breeding breeders. In *Current research methods in pig production* (pp. 32-37). Poltava: IH NAAS.
- [15] Kim, K., Larsen, N., Short, T., Plastow, G.S., & Rothschild, M.F. (2000). A missense variant of the porcine melanocortin 4 receptor (MC4R) gene is associated with fatness, growth, and feed intake traits. *Mammalian Genome*, 11(2), 131-135.

- [16] Korinnyy, S.M., Pochernyayev, K.F., & Balats'kyi, V.M. (2005). Animal fur as a convenient object of DNA isolation for analysis by PCR. *Veterinary Biotechnology: Bulletin of the Institute of Veterinary Medicine of the NAAS*, 7, 80-83.
- [17] Instructions for grading pigs; Instructions for keeping breeding records in pig breeding. (2003). Kyiv: Kyiv University.
- [18] Bazhov, G.M., & Komlatskiy, V.I. (1989). *Biotechnology of intensive pig breeding*. Moscow: Rosagropromizdat.
- [19] Methods for determining the economic efficiency of the use in agriculture of the results of research, new technology, inventions and rationalization proposals. (1983). Moscow: VAIPI.
- [20] Lakin, G.F. (1990). *Biometrics*. Moscow: Vysshaia Shkola.