

Evaluation of young pigs of different genotypes by breeding indexes and growth indicators

T. Sukhno✉

Article info

Correspondence Author

T. Sukhno

E-mail:

taras.sukhno@gmail.com

Institute of Pig Breeding
and Agroindustrial Production
of National Academy of
Agrarian Sciences of Ukraine,
Shvedska Mohyla Str., 1,
Poltava, 36000,
Ukraine

Citation: Sukhno, T. (2024). Evaluation of young pigs of different genotypes by breeding indexes and growth indicators. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 95–100. doi: 10.31210/spi2024.27.01.16

The article examines the influence of the interaction between the genotype of the DNA marker of the melanocortin 4 gene and the level of feeding of young pigs on its growth and development. The purpose of the work is to determine the breeding value of young pigs with different genotypes according to the DNA marker of the melanocortin 4 receptor gene under different types of feeding. To achieve the goal, the following tasks were performed: typing of young breeding pigs was carried out according to the MC4R marker; indicators of the age of reaching 100 kg live weight, average daily gains, relative gains and fat thickness at the level of the 6-7 thoracic vertebra were investigated, the experimental young pigs were evaluated using selection indices and the indicators of the intensity of formation, growth tension and uniformity of growth indices were calculated. For genetic studies, 50 blood samples were taken from F1 pigs of a two-breed combination (Large White × Landrace), pigs of experimental groups with an increased level of feeding received 10 % more energy and 12 % more crude protein in their daily diet. It was found that the feeding factor has a significant effect on the age at which experimental pigs reach 100 kg live weight ($F=7.04$; $p=0.011$). A significant influence of both the feeding factor ($F=11.97$; $p=0.001$) and the interaction of two organized factors: genotype and feeding ($F=7.96$; $p=0.007$) was established. According to the selection index of Berezovsky, a significant influence of each studied factor was recorded separately (feeding – $F=5.80$, $p=0.02$; genotype – $F=12.85$, $p=0.001$) and their interaction ($F=8.56$, $p=0.005$). A significant influence of the genotype of experimental pigs was established on Tyler's breeding index ($F=22.31$, $p<0.001$). Moreover, the best results were recorded in the group of pigs with the GG genotype that received an increased diet. Their advantage over counterparts with the GA genotype amounted to 6.6 units, or 4.34 % ($p=0.015$), and over pigs with the GA genotype that received a limited diet – 9.2 units, or 6.12 % ($p=0.001$). It was established that the average daily growth of young breeding animals at the age of 2 to 6 months is reliably influenced by the interaction of genetic factors with the level of feeding ($F=7.96$; $p=0.007$), which indicates the feasibility of adjusting rations depending on the genotype by DNA marker MC4R c.1426 G>A SNP. Indices of tension and uniformity of growth were the lowest in the group of pigs with the MC4R GA genotype under normalized feeding. This group was also distinguished by the lowest average daily gains and the worst values of selection indices, which may indicate the expediency of using indicators of tension and uniformity of growth for pre-selection of the best animals at the stage of early ontogenesis.

Keywords: pig, feeding, melanocortin 4 receptor gene, backfat thickness, average daily gain, intensity of formation, growth tension.

Оцінка молодняку свиней різних генотипів за селекційними індексами та показниками росту

T. В. Сухно

Інститут свинарства
і агропромислового
виробництва Національної
академії аграрних наук,
м. Полтава, Україна

У статті досліджено вплив взаємодії генотипу за ДНК-маркером гену меланокортину 4 та рівня годівлі молодняку свиней на його ріст та розвиток. Мета роботи полягає у визначенні племінної цінності молодняку свиней з різними генотипами за ДНК-маркером гену рецептора меланокортину 4 за різних типів годівлі. Для досягнення поставленої мети були виконані наступні завдання: проведено типування ремонтних свинок за маркером MC4R; досліджено показники віку досягнення живої маси 100 кг, середньодобових приростів, відносних приростів та товщини шпикку на рівні 6-7 грудного хребця, проведено оцінку піддослідного молодняку свиней за використанням селекційних індексів та розраховано показники інтенсивності формування, індекси напруги та рівномірності росту. Для генетичних досліджень було відібрано 50 зразків крові від свиней F1 двопородного поєднання (Велика біла × Ландрас), свині дослідних груп з підвищеним рівнем годівлі отримували в добовому раціоні на 10 % більше енергії та на 12 % більше сирого протеїну. Було встановлено що фактор годівлі достовірно впливає на вік досягнення піддослідними свинями живої маси 100 кг ($F=7,04$; $p=0,011$). На середньодобові прирости піддослідних тварин в період вирощування з 2 до 6 місяців було встановлено достовірний вплив як фактору годівлі ($F=11,97$; $p=0,001$) так і взаємодії двох організованих факторів: генотипу та годівлі ($F=7,96$; $p=0,007$). За селекційним індексом Березовського зафіксовано достовірний вплив як кожного досліджуваного фактора окремо (годівля – $F=5,80$, $p=0,02$; генотип – $F=12,85$, $p=0,001$) так і їх взаємодії ($F=8,56$, $p=0,005$). На селекційний індекс Тайлера було встановлено достовірний вплив генотипу піддослідних свиней ($F=22,31$, $p<0,001$). При чому найкращі результати були зафіксовані у групі свиней з генотипом GG, що отримували підвищений раціон. Перевага їх над аналогами з генотипом GA склала 6,6 одиниць, або 4,34 % ($p=0,015$), а над свинями з генотипом GA, що отримували обмежений раціон – 9,2 одиниці, або 6,12 % ($p=0,001$). Було встановлено, що на середньодобові прирости ремонтного молодняку у віці з 2 до 6 місяців достовірно впливає взаємодія генетичних факторів з рівнем годівлі ($F=7,96$; $p=0,007$), що вказує на доцільність коригування раціонів в залежності від генотипу за ДНК-маркером MC4R c.1426 G>A SNP. Індекси напруги та рівномірності росту були найнижчими у групі свиней з генотипом MC4R GA при нормованій годівлі. Дана група також відрізнялась найнижчими середньодобовими приростами та гіршими значеннями селекційних індексів, що може вказувати на доцільність використання показників напруги та рівномірності росту для попереднього відбору кращих тварин на етапі раннього онтогенезу.

Ключові слова: свині, годівля, ген рецептора меланокортину 4, товщина шпикку, середньодобовий приріст, інтенсивність формування, напруга росту.

Бібліографічний опис для цитування: Сухно Т. В. Оцінка молодняку свиней різних генотипів за селекційними індексами та показниками росту. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 95–100.

Вступ

Виробництво свинини займає значну частку м'ясного балансу країни та відіграє важливу роль у формуванні ринку м'ясних продуктів. Свинарство залишається однією з найбільш перспективних галузей у формуванні продовольчої безпеки країни та задоволенні внутрішнього попиту на м'ясні продукти, вироблені в нашій країні [1–3]. Для ефективного ведення галузі свинарства необхідно забезпечити продуктивне вирощування молодняку свиней на ранніх етапах їх онтогенезу, що є одним з найбільш складних питань у галузі свинарства [4–6]. Від швидкості росту та інтенсивності формування ремонтного та товарного молодняку залежить ефективність їх подальшого продуктивного використання як племінних тварин, або ефективність їх подальшої відгодівлі у товарному свинарстві. Відставання на початкових етапах розвитку, може бути лише в деякій мірі вирівняне за рахунок компенсаторного росту, проте досягти повноцінного заміщення втрачених приростів практично неможливо [5–8]. Ріст і розвиток молодняку свиней, також як і відтворювальна продуктивність основного поголів'я залежить від генетичних і паратипових факторів [9–11].

Генетичні фактори можуть досліджуватись як вплив сумарного (адитивного) генотипу тварин в межах певної генетичної групи, таких як порода, лінія тощо [12–15]. Проте, більш правильним, на думку ряду науковців [16–18] є дослідження впливу генетичних факторів за окремими генами та ДНК-маркерами. Серед генетичних маркерів, що представляють інтерес для галузі свинарства досить добре дослідженим є *MC4R* с.1426 G>A SNP (ген рецептора меланокортина 4), який асоціюється із харчовою поведінкою, величиною середньодобових приростів та товщиною шпигу свиней [19, 20].

За однакових умов навколишнього середовища ефективність росту та повноцінність розвитку поросят значною мірою визначається генотипом тварин [21, 22]. Однак рівень реалізації генетичного потенціалу залежить від того, якими саме є ці умови середовища [23, 24]. Вплив взаємодії між генетичними задатками свиней (генотип) та зовнішніми факторами (годівля, умови утримання тощо), не зважаючи на досить тривалу історію досліджень за даною темою, на даному етапі розвитку аграрної науки вивчено ще недостатньо, що підтверджується значною кількістю наукових робіт, у яких розкриваються нові аспекти зазначеної проблематики [24–26].

У свинарстві, останнім часом, стала загальноприйнятною думка, що свині різних порід, особливо, якщо вони характеризуються різним типом продуктивності, потребують різних підходів до годівлі [27, 24, 28]. Технологія годівлі є складним процесом, оскільки на неї впливає багато чинників, окрім поживності та складу раціону. У числі паратипових факторів, що впливають на продуктивність свиней, годівля займає перше місце, оскільки добре відомо, що вона на 60–70 % визначає продуктивність свиней у капіталомістких сучасних господарствах [29, 30].

Таким чином, дослідження впливу взаємодії двох найбільш значущих у галузі свинарства факторів (генотип і годівля) на ріст і розвиток молодняку свиней є актуальним питанням галузі і сприятиме підвищенню ефективності виробництва.

Мета дослідження

Мета нашої роботи полягає у визначенні племінної цінності молодняку свиней з різними генотипами за ДНК-маркером гену рецептора меланокортина 4 за різних типів годівлі.

Матеріали і методи

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання: провести типування ремонтних свинок за маркером *MC4R*; сформувані піддослідні групи залежно від генотипів та дослідити у піддослідних свиней показники віку досягнення живої маси 100 кг, середньодобових приростів, відносних приростів та товщини шпигу на рівні 6–7 грудного хребця. Оцінити піддослідний молодняк за використання селекційних індексів та розрахувати показники інтенсивності формування, індекси напруги та рівномірності росту.

Для генетичних досліджень було відібрано 50 зразків крові від свиней F1 двопородного поєднання (Велика біла × Ландрас) стада ферми «Максі 2010», розташованої в Полтавській області. Тварин аналізували за геном рецептора меланокортину 4, в атестованій лабораторії Інституту свинарства та агропромислового виробництва. За допомогою «Chelex 100» (Bio-Rad Laboratories, Inc., США) геномну ДНК екстрагували з 200 мкл крові [31]. Для типування ДНК використовувався метод ПЛР-ПДРФ [32]. Фрагмент гена *MC4R* (*MC4R* / SNP с.1426 G>A / 2-й екзон / номер доступу NCBI rs 178554175 / Asp >Asn), що складається з 220 пар нуклеотидів, був ампліфікований за допомогою пари специфічних праймерів: F: 5'-TGATTCAGGATCTATTGCTACTA -3' і R: 5'-TATACTGTCGCTTGTGCTTAAG -3' [33]. Реакції ПЛР проводили у 25 мкл суміші, що містила 10–100 мг геномної ДНК, 200 нМ прямого та зворотного праймерів, 2,5 мМ MgCl₂, 0,25 мМ кожного з dNTP та одну одиницю рекомбінантної Taq ДНК. Полімераза (Thermoscientific, ЄС). Програма ПЛР-ампліфікації: 95 °С – 2 хвилини; 30 циклів: 95 °С – 30 с, відпал праймерів 52 °С – 30 с, 72 °С – 105 с; 72 °С – 7 хв. ПЛР проводили в термоциклері «Терцик-2» (DNA Technology, РФ). Фрагмент ампліфікації гена *MC4R* рестрикували ферментом Taq I (Thermo Fisher Scientific, Литва) при 65 °С – 3 години, що викликало появу рестрикційних фрагментів, що відповідають таким генотипам гена *MC4R*: AA – 220 п.н., AG – 220, 150, 70 п.н., GG: 150, 70 п.н.

За результатами ДНК-типування за ДНК-маркером *MC4R* с.1426 G>A SNP (AA – 3 тварини, GA – 17 тварин, GG – 30 тварин) свині були розподілені на групи з підвищеним та обмеженим рівнем годівлі, як це представлено у таблиці 1.

Три тварини з генотипом AA були виведені з досліджу, оскільки даної кількості недостатньо, щоб розділити їх на дві групи. Для подальших досліджень використовували лише свиней з генотипами GA та GG.

Таблиця 1

Схема розподілу тварин на дослідні групи, голів

Рівень годівлі	Генотип за ДНК-маркером MC4R с.1426 G>A SNP	
	GA	GG
Підвищений рівень	15 (I група)	8 (II група)
Відповідно до норм	15 (III група)	9 (IV група)

Піддослідних свиней годували повнораціонними збалансованими комбікормами згідно з нормами годівлі племінних тварин [34]: свинки двох груп отримували обмежений раціон відповідно до норм, який змінювався залежно від живої маси тварин: після відлучення, при живій масі 20–30 кг згодовували комбікорм, що містив за добу 17,6 МДж обмінної енергії, 1,26 кг сухої речовини, 239 г сирого протеїну та 12,4 г лізину; при тій же живій масі група, яка отримувала посилене харчування, споживала 19,4 МДж, 1,39 кг, 263 г і 13,6 г обмінної енергії та поживних речовин на добу відповідно. За весь період вирощування свині дослідних груп з високим рівнем годівлі отримували в добовому раціоні на 10 % більше енергії та на 12 % більше сирого протеїну. За період вирощування від 90 до 130 кг живої маси тварини груп з обмеженою годівлею отримували в середньому за добу 29,8 МДж обмінної енергії, 2,40 кг сухої речовини, 384 г сирого протеїну та 20,4 г лізину; тварини з груп посиленого раціону споживали за добу відповідно 32,8 МДж обмінної енергії, 2,64 кг сухої речовини, 422 г сирого протеїну та 22,4 г лізину.

За результатами вирощування свинок було проведено їх оцінювання за селекційними індексами:

Таблиця 2

Племінна цінність за приростами та селекційними індексами свиней різних генотипів за MC4R с.1426 G>A SNP ($x \pm Se$)

Показник	Високий рівень годівлі		Обмежений рівень годівлі	
	GA	GG	GA	GG
Група	I	II	III	IV
n	15	9	14	9
Вік досягнення маси 100 кг, днів	199,9±1,84a	202,4±2,06ab	206,3±1,47b	204,4±1,52ab
Середньодобовий приріст з 2 до 6 місяців	0,566±0,0088a	0,557±0,0049a	0,531±0,0024b	0,558±0,0023a
Відносний приріст з 2 до 6 місяців	1,086±0,0122	1,079±0,0077	1,064±0,0045	1,091±0,0076
Товщина шпику на рівні 6-7 грудного хребця, мм	13,77±0,22a	13,17±0,21ab	13,42±0,17a	12,40±0,31b
Індекс Березовського (формула 1)	94,7±0,12a	94,8±0,11a	94,1±0,08b	94,9±0,15a
Індекс Тайлера (формула 2)	152,3±1,54ac	158,9±0,98b	149,8±1,50a	157,3±1,07bc

Примітка: різні літери в межах рядка вказують на значні відмінності між групами відповідно до результатів тесту HSD Tukey.

Зазначені тварини достовірно переважали аналогів з III групи за віком досягнення живої маси 100 кг на 6,4 дні, або 3,18 % ($p=0,035$). На середньодобові прирости піддослідних тварин в період вирощування з 2 до 6 місяців було встановлено достовірний вплив як фактору годівлі ($F=11,97$; $p=0,001$) так і взаємодії двох

1. Індекс Березовського для оцінки ремонтного молодняка за енергією росту та товщиною шпику [35, 36]:

$$I = 100 - \frac{K \times B \times C}{A^2}$$

де: K – вік досягнення маси 100 кг, днів;
A – валовий приріст за період вирощування, кг;
B – кількість днів вирощування;
C – товщина шпику на рівні 6–7 ребра, см.

2. Індекс Тайлера Б. для оцінки ремонтного молодняка [36]:

$$I = 100 + (242 \times K) - (4,13 \times L),$$

де: K – середньодобовий приріст, кг;
L – товщина шпику, мм.

Показники інтенсивності формування, напруги та рівномірності росту визначали за формулами В. П. Коваленка [37, 38].

Обробку даних проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica 10 (StatSoft, ЄС). У таблицях наведено середні арифметичні значення та їх стандартні похибки ($x \pm SE$). Достовірність відмінностей між групами оцінювали за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Для оцінки співвідношення міжгрупової та внутрішньогрупової мінливості використовували F-критерій Фішера. Апостеріорний тест Тьюкі HSD використовувався для перевірки достовірності відмінностей у множинних порівняннях. Відмінності вважалися достовірними при $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Було встановлено що фактор годівлі достовірно впливає на вік досягнення піддослідними свинями живої маси 100 кг ($F=7,04$; $p=0,011$). За даним показником найкращі результати було зафіксовано у групі свиней з генотипом GA, які отримували раціон з підвищеним на 10 % вмістом обмінної енергії (табл. 2).

організованих факторів: генотипу та годівлі ($F=7,96$; $p=0,007$). Проте на відносні прирости не було виявлено достовірного впливу організованих факторів, що може вказувати на стабільність характеру інтенсивності формування незалежно від внутрішніх і зовнішніх факторів. За селекційним індексом Березовського

(формула 1) зафіксовано достовірний вплив як кожного досліджуваного фактора окремо (годівля – $F=5,80$, $p=0,02$; генотип – $F=12,85$, $p=0,001$) так і їх взаємодії ($F=8,56$, $p=0,005$).

На селекційний індекс Тайлера (формула 2) було встановлено достовірний вплив генотипу піддослідних свиней ($F=22,31$, $p<0,001$). При чому найкращі результати були зафіксовані у II групі, тварини якої переважали I групу на 6,6 одиниць, або 4,34 % ($p=0,015$) та III групу на 9,2 одиниці, або 6,12 % ($p=0,001$).

Було встановлено, що з віком відносні прирости знижуються, що узгоджується з результатами отриманими іншими дослідниками [38, 39]. Проте,

в інших дослідженнях [40] було встановлено відмінності у відносних приростах у свиней різних генотипів. Зазначається, що трипородні поросята незалежно від умов утримання та сезонів року більш швидко адаптувалися до умов утримання та годівлі і мали перевагу за швидкістю росту та відносними приростами порівняно із двопородними та чистопородними.

Стверджується, що відмінності в інтенсивності формування впливають на різну енергію росту, а також на відтворну, відгодівельну та м'ясну продуктивність свиней [41]. У наших дослідженнях не було встановлено достовірного впливу організованих факторів на інтенсивність формування (табл. 3).

Таблиця 3

Показники інтенсивності формування, напруги та рівномірності росту у свиней різних генотипів за *MC4R* с.1426 G>A SNP при різному рівні годівлі ($x \pm Se$)

Показник	Високий рівень годівлі		Обмежений рівень годівлі	
	GA	GG	GA	GG
Група	I	II	III	IV
n	15	9	14	9
Інтенсивність формування	0,902 ± 0,0133	0,904 ± 0,0112	0,890 ± 0,0068	0,901 ± 0,0105
Напруга росту	0,470 ± 0,0078a	0,467 ± 0,0055ab	0,444 ± 0,0040b	0,461 ± 0,0043ab
Рівномірність росту	0,298 ± 0,0040a	0,293 ± 0,0036a	0,281 ± 0,0012b	0,294 ± 0,0009a

Примітка: різні літери в межах рядка вказують на значні відмінності між групами відповідно до результатів тесту HSD Tukey.

На противагу, у дослідженнях [42] помісні свині ½ (ВБ×Л) відрізнялися найвищим значенням індексу формування майже у всі вікові періоди, а найнижчим цей показник був у тварин великої білої породи. Це може бути пов'язане, із тим, що швидкий тип формування, який визначається вищим значенням Іф, пов'язаний з меншим відкладанням жиру в туші порівняно з повільним типом. Проте в наших дослідженнях III група, яка відрізнялась найнижчою товщиною шпигу порівняно із I та III групами за інтенсивністю формування не мала переваги, для пояснення чого потрібні додаткові дослідження на більшій кількості поголів'я.

На напруженість росту встановлено достовірний вплив рівня годівлі ($F=8,479$, $p=0,006$), тоді як, достовірного впливу генотипу на даний індекс виявлено не було. Це узгоджується із результатами робіт інших авторів [41], в яких було встановлено, що м'ясні свині порід велика біла датської селекції, ландрас і помісні тварини (велика біла х п'єтрен) відрізняються невеликою напругою росту в період 0–2 місяці (0,120–0,122 одиниці) і ще меншою у тримісячному віці (0,013–0,011 одиниці) і у яких також не було виявлено достовірного впливу генетичних факторів на даний показник. Також і у дослідженнях інших авторів [42] не було встановлено достовірного впливу генотипу на напруженість росту свиней, що узгоджується з нашими результатами. Напротивагу, у дослідженнях [43] на тваринах великої білої породи та гібридах ♀ВБ×♂Л, ♀П×♂Д було встановлено, що поєднання ♀Д×♂П перевершували аналогів та інші дослідні групи за величиною інтенсивності формування та індексу напруги росту. У наших дослідженнях, найнижчим індексом напруженості росту відрізнялась III група, яка поступалась за цим

показником тваринам з аналогічним генотипам, але з підвищеним рівнем годівлі – різниця склала 0,026 одиниці, або 5,46 %.

Індекс рівномірності росту суттєво залежав від фактору годівлі ($F=11,22$, $p=0,002$) та взаємодії генотипу з рівнем годівлі ($F=7,95$, $p=0,007$). Тварини з генотипом GA, які споживали нормований раціон (III група) поступались за цим індексом I, II та IV групам відповідно на 0,017, 0,012, 0,0127 одиниць, або на 5,66, 4,27, 4,52 %.

Висновки

1. На середньодобові прирости ремонтного молодняку у віці з 2 до 6 місяців встановлено вплив взаємодії генетичних факторів з рівнем годівлі ($F=7,96$; $p=0,007$), що вказує на доцільність коригування раціонів в залежності від генотипу за ДНК-маркером *MC4R* с.1426 G>A SNP.

2. Індeksi напруги та рівномірності росту були найнижчими у групі свиней з генотипом *MC4R* GA при нормованій годівлі. Дана група також відрізнялась найнижчими середньодобовими приростами та гіршими значеннями селекційних індексів, що може вказувати на доцільність використання показників напруги та рівномірності росту для попереднього відбору кращих тварин на етапі раннього онтогенезу.

Перспективи подальших досліджень будуть полягати у вивченні впливу на показники росту та розвитку молодняку свиней взаємодії факторів годівлі та генотипу за геном рецептора меланкортину 4 на більшому поголів'ї із залученням у дослід свиней із гомозиготним генотипом *MC4R* AA.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Nechmilov, V. M. (2018). Vplyv faktorov sposobu godivli gibridnih svinej na doroshuvanni na yakist m'ya. *Naukovij Visnik Lvivskogo Nacionalnogo Universitetu Veterinarnoi Medicini ta Biotehnologii im. S. Z. Ghzickogo*, 20 (89), 56–60. [in Ukrainian]
2. Berezovskiy, M., Vashchenko, P., & Vovk, O. (2022). Fattening and meat qualities of hybrids from terminal boars of foreign selection. *Pig Breeding the Interdepartmental Subject Scientific Digest*, 77–78, 9–22. <https://doi.org/10.37143/0371-4365-2022-77-78-01>
3. Berezovskiy, M. D., & Vashchenko, P. (2022). Breeding work with lines and families of the large white breed of pig factory type «Bahachansky». *Animal Husbandry of the Steppe of Ukraine*, 1 (2), 103–113. <https://doi.org/10.31867/2786-6750.1.2.2022.103-113>
4. Povod, M., Mykhalko, O., Verbelchuk, T., Gutyj, B., Borshchenko, V., & Koberniuk, V. (2023). Productivity of sows, growth of piglets and fattening qualities of pigs at different durations of the suckling period. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 23 (1), 649–659.
5. Pelykh, V. H., Levchenko, M. V., Ushakova, S. V., Pelykh, N. L., & Vashchenko, P. A. (2023). Compensatory growth and piglets weight variability within the litter as breeding criteria for Ukrainian meat pig breed performance. *Agricultural Science and Practice*, 10 (1), 3–11. <https://doi.org/10.15407/agrisp10.01.003>
6. Halak, V., Tsereniuk, O., Gutyj, B., & Bordun, O. (2024). Signs of fattening and meat qualities of young pigs of different intensities of formation in early ontogenesis and the level of their phenotypic consolidation. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 102 (1), 39–47. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202401-06>
7. Heyer, A., & Lebret, B. (2007). Compensatory growth response in pigs: effects on growth performance, composition of weight gain at carcass and muscle levels, and meat quality. *Journal of Animal Science*, 85 (3), 769–778. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-164>
8. Menegat, M. B., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Woodworth, J. C., DeRouchey, J. M., & Goodband, R. D. (2020). A review of compensatory growth following lysine restriction in grow-finish pigs. *Translational Animal Science*, 4 (2), 531–547. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa014>
9. Koketsu, Y., & Dial, G. D. (1997). Factors influencing the postweaning reproductive performance of sows on commercial farms. *Theriogenology*, 47 (7), 1445–1461. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00135-0](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00135-0)
10. Zhukorskyi, O. M., Tsereniuk, O. M., Sukhno, T. V., Saenko, A. M., Polishchuk, A. A., Chereuta, Y. V., Shaferivskiy, B. S., & Vashchenko, P. A. (2023). The influence of genotype and feeding level of gilts on their further reproductive performance. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14 (2), 312–318. <https://doi.org/10.15421/022346>
11. Vashchenko, P. A., Zhukorskyi, O. M., Saenko, A. M., Khokhlov, A. M., Usenko, S. O., Kryhina, N. V., Sukhno, T. V., & Tsereniuk, O. M. (2023). The influence of feeding level on the growth of pigs depending on their genotype. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14 (1), 112–117. <https://doi.org/10.15421/022317>
12. Franco, D., Carballo, J., Bermúdez, R., & Lorenzo, J. M. (2016). Effect of genotype and slaughter age on carcass traits and meat quality of the Celta pig breed in extensive system. *Annals of Animal Science*, 16 (1), 259–273. <https://doi.org/10.1515/aas-2015-0056>
13. Berezovskij, M. D., & Vashenko, P. A. (2015). Varianti poyednan riznih genotipiv svinej v sistemi gibridizaciyi. *Svinarstvo. Mizhvidomchij Tematichnij Naukovij Zbirnik*, 67, 38–43. [in Ukrainian]
14. Vashchenko, P., Saenko, A., Sukhno, V., Tsereniuk, O., Babicz, M., Shkavro, N., Smolucha, G., & Łuszczewska-Sierakowska, I. (2022). Association of NRAMP1 gene polymorphism with the productive traits of the Ukrainian Large White pig. *Medycyna Weterynaryjna*, 78 (09), 6698–2022. <https://doi.org/10.21521/mw.6698>
15. Vashenko, P. A. (2003). Reproduktyvni yakosti svinej velikoyi biloyi porodi pri poyednanni genotipiv vitchiznyanoi i zarubizhnoyi selekciyi. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoi Agrarnoyi Akademiyi*. 1-2, 165–166. [in Ukrainian]
16. Zhukorskyi, O. M., Tsereniuk, O. M., Vashchenko, P. A., Khokhlov, A. M., Chereuta, Y. V., Akimov, O. V., & Kryhina, N. V. (2022). The effect of the ryanodine receptor gene on the reproductive traits of Welsh sows. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 13 (4), 367–372. <https://doi.org/10.15421/022248>
17. Sukhno, V. V., Vashchenko, P. A., Saenko, A. M., Zhukorskyi, O. M., Tsereniuk, O. M., & Kryhina, N. V. (2022). Association of Fut1 and Slc11a1 gene polymorphisms with productivity traits of Large White pigs. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 13 (3), 225–230. <https://doi.org/10.15421/022229>
18. Vashchenko, P. A., Balatsky, V. M., Pocherniaev, K. F., Voloshchuk, V. M., Tsybenko, V. H., Saenko, A. M., Oliynychenko, Ye. K., Buslyk, T. V., & Rudoman, H. S. (2019). Genetic characterization of the mirgorod pig breed, obtained by analysis of single nucleotide polymorphisms of genes. *Agricultural Science and Practice*, 6, 2, 47–57. <https://doi.org/10.15407/agrisp6.02.047>
19. Zhang, J., Li, J., Wu, C., Hu, Z., An, L., Wan, Y., Fang, C., Zhang, X., Li, J., & Wang, Y. (2020). The Asp298Asn polymorphism of melanocortin-4 receptor (MC4R) in pigs: evidence for its potential effects on MC4R constitutive activity and cell surface expression. *Animal Genetics*, 51 (5), 694–706. <https://doi.org/10.1111/age.12986>
20. Tsereniuk, O. M., Vashchenko, P. A., Khokhlov, A. M., Tsybenko, V. H., Shostia, G. M., Saenko, A. M., Peka, M. Y., & Zhukorskyi, O. M. (2023). Comparative characteristics of polymorphisms of melanocortin 4 and ryanodine 1 receptor genes of Myrhorod pigs before and after the African swine fever outbreak. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14 (4), 601–608. <https://doi.org/10.15421/022387>
21. Martins, J. M., Fialho, R., Albuquerque, A., Neves, J., Freitas, A., Tirapicos Nunes, J., & Charneca, R. (2020). Portuguese local pig breeds: Genotype effects on meat and fat quality traits. *Animals*, 10 (5), 905. <https://doi.org/10.3390/ani10050905>
22. Óvilo, C., Trakooljul, N., Núñez, Y., Hadlich, F., Murani, E., Ayuso, M., García-Conteras, C., Vázquez-Gómez, M., Rey, A. I., García, F., García-Casco, J. M., López-Bote, C., Isabel, B., González-Bulnes, A., Wimmers, K., & Muñoz, M. (2022). SNP discovery and association study for growth, fatness and meat quality traits in Iberian crossbred pigs. *Scientific Reports*, 12 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20817-0>
23. Soleimani, T., Hermes, S., & Gilbert, H. (2021). Economic and environmental assessments of combined genetics and nutrition optimization strategies to improve the efficiency of sustainable pork production. *Journal of Animal Science*, 99 (3), skab051. <https://doi.org/10.1093/jas/skab051>
24. Calta, J., Zadinová, K., Čitek, J., Kluzáková, E., Okrouhlá, M., Stupka, R., Tichý, L., Machová, K., Stratil, A., & Vostrý, L. (2022). Possible effects of the MC4R Asp298Asn polymorphism on pig production traits under ad libitum versus restricted feeding. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 140 (2), 207–215. <https://doi.org/10.1111/jbg.12751>
25. Kramarenko, S. S., Lugovoy, S. I., Lykhach, A. V., Kramarenko, A. S., Lykhach, V. Ya., & Slobodianyk, A. A. (2019). Effect of genetic and non-genetic factors on the reproduction traits in Ukrainian Meat sows. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 21 (90), 3–8. <https://doi.org/10.32718/nvvet-a9001>
26. Bell, W., Orioste, J. I., Barlocco, N., Vadell, A., & Clariget, R. P. (2015). Genetic and environmental factors affecting reproductive traits in sows in an outdoor production system. *Livestock Science*, 182, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.10.025>
27. Wang, X., & Kadarmideen, H. N. (2020). Metabolite genome-wide association study (mGWAS) and gene-metabolite interaction network analysis reveal potential biomarkers for feed efficiency in pigs. *Metabolites*, 10 (5), 201. <https://doi.org/10.3390/metabo10050201>
28. Saintilan, R., Brossard, L., Vautier, B., Sellier, P., Bidanel, J., Van Milgen, J., & Gilbert, H. (2015). Phenotypic and genetic relationships between growth and feed intake curves and feed efficiency and amino acid requirements in the growing pig. *Animal*, 9 (1), 18–27. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002171>
29. Nechmilov, V. M., & Povod, M. G. (2018). Vidgodivnelna produktivnist svinej za riznih terminiv doroshuvannya ta vikoristannya suhogo i ridkogo tipiv godivli. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Livestock*, 7 (35), 122–134. [in Ukrainian]
30. Nechmilov, V. M., Vdovichenko, Yu. V., Povod, M. G. (2018). Zabijni yakosti svinej pri riznij trivalosti doroshuvannya i suhomu tipu godivli. *Zernovi Kulturi*. 2 (1), 144–149. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0020> [in Ukrainian]

31. Walsh, P. S., Metzger, D. A., & Higuchi, R. (2013). Chelex 100 as a medium for extraction of DNA for PCR-Based typing from forensic material. *Biotechniques*, 54 (3), 134–139. <http://dx.doi.org/10.2144/000114018>
32. Hlazko, V. Y., Shulha, E. V., Dyman, T. N., & Hlazko, H. V. (2001). *DNA technologies and bioinformatics in solving the problems of mammalian biotechnologies*. Belaya Tserkov: Bila tserkva agrarian university.
33. Kim, K. S., Lee, J. J., Shin, H. Y., Choi, B. H., Lee, C. K., Kim, J. J., Cho, B. W., & Kim T.-H. (2006). Association of melanocortin 4 receptor (*MC4R*) and high mobility group AT₁ hook 1 (*HMGA1*) polymorphisms with pig growth and fat deposition traits. *Animal Genetics*, 37 (4), 419–421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2006.01482.x>
34. Provatorov H. V., Ladyka V. I., & Bondarchuk L. V. (2007). *Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnykh kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn*. Sumy: Universytetska Knyha [in Ukrainian]
35. Berezovskij, N. D. (1984). Vnutriporodnaya sochetaemost specializirovannykh tipov. *Svinovodstvo*, 11, 20–21. [in Russian]
36. Vashenko, P. A. (2019). Prognozuvannya plemynnoyi cinnosti svinej na osnovi linijnih modelej, selekciynih indeksiv ta DNK-markeriv. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Mikolayiv [in Ukrainian]
37. Kovalenko, V. P., Bolelaya, S. Yu., & Borodaj, V. P. (1998). Prognozirovanie plemennoj cennosti pticy po intensivnosti processov rannogo ontogeneza. *Citologiya i Genetika*, 20 (5), 360–365. [in Russian]
38. Vashenko, P. A. (2005). Vivchiti vnutriporodni poyednannya genotipiv svinej velikoyi biloyi porodi vitchiznyanoyi ta zarubizhnoyi selekcij na etapi zakladki novih genealogichnih struktur. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Poltava [in Ukrainian]
39. Vashenko, P. A. (2004). Vivchennya m'ياسo-salnih yakostej svinej velikoyi biloyi porodi pri poyednanni genotipiv vitchiznyanoyi ta zarubizhnoyi selekcij. *Visnik Poltavskoyi Derzhavnoyi Agrarnoyi Akademiyi*, 1, 86–88. [in Ukrainian]
40. Voloshuk, V. M., Povod, M. G., & Vasiliv, A. P. (2013). Produktivni ta adaptativni yakosti porosyat na doroshuvanni zalezho vid genotipu ta umov utrimannya. *Pigbreeding*, 62, 3–8. [in Ukrainian]
41. Grishina, L. P. (2012). Prognozuvannya produktivnosti svinej za indeksami rostu v rannomu ontogenezi. *Svinarstvo*, 60, 50–55. [in Ukrainian]
42. Voloshchuk, A. V. (2018). Growth peculiarities of purebred and crossbred pigs with different intensity of formation. *Animal Breeding and Genetics*, 55, 31–38. <https://doi.org/10.31073/abg.55.04>
43. Pelih, V. G., & Ushakova, S. V. (2016). Dinamika rostu molodnyaku svinej riznih genotipiv. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytutu Tvarynyystva NAAN*, 115, 169–175. [in Ukrainian]

ORCID

T. Sukhno  <https://orcid.org/0000-0002-9084-8878>



2024 Sukhno T. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.