

## АНОТАЦІЯ

### **Сухно Т.В. Вплив гена рецептора меланокортину 4 та паратипових факторів на ріст і відтворювальну здатність свиней.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». Інститут свинарства і агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України, Полтава, 2024.

Проблема збереження ресурсів, зниження витрат і підвищення ефективності використання тварин для мінімізації шкідливих наслідків для навколишнього середовища під час виробництва продукції тваринництва стає глобальною проблемою сучасності. Необхідною умовою підвищення ефективності виробництва продукції свинарства є визначення і аналіз факторів пов'язаних із продуктивністю та відтворювальною здатністю свиней. Такі фактори розділяють на генетичні та паратипові, проте ці два типа чинників зазвичай взаємодіють між собою – генетичний потенціал може бути реалізований тільки за відповідних умов середовища, тому при дослідженні впливу різних факторів на ріст, розвиток, продуктивність і відтворну здатність свиней необхідно враховувати взаємодію генетичних і не-генетичних факторів.

В останні роки набула актуальності ідея «точної» годівлі свиней (precision feeding), яка включає оптимізацію раціону свиней відповідно до їх генотипу. Ще однією важливою умовою для ефективного ведення галузі свинарства є забезпечення відповідних умов утримання тварин залежно від їх генотипу.

У дисертації теоретично узагальнено та експериментально обґрунтовано особливості впливу взаємодії гену *MC4R* і рівня годівлі свинок під час вирощування та на їх ріст, розвиток та подальшу відтворювальну здатність, а також взаємодії фактору утримання (тип розміщення фіксаційних станків у боксі для опоросу) та генотипу свиноматок за ДНК-маркером *MC4R* на показники їх відтворювальної здатності. Науково обґрунтовано ефективність різних рівнів годівлі гібридних свинок на вирощуванні в залежності від їх генотипу.

Дослідження за темою дисертаційної роботи були проведені упродовж 2020-2024 років в умовах ТОВ «Максі 2010» Полтавського району та області, лабораторії селекції та розведення свиней і в атестованій за ДСТУ ISO 10012:2005 лабораторії генетики Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН.

**Мета роботи:** визначити вплив генотипу за ДНК-маркером *MC4R*, рівня годівлі свиней та взаємодії цих факторів на ріст і розвиток свинок та їх відтворювальну здатність після опоросу, а також оцінити вплив на продуктивність свиноматок з різним генотипом типу станків для проведення опоросів.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:

- провести типування поголів'я свиней за ДНК-маркером гена рецептора меланокортину 4 та сформувати піддослідні групи з різними генотипами в залежності від результатів молекулярно-генетичних досліджень;

- дослідити показники росту та товщини шпику піддослідних свинок, оцінити їх за селекційними індексами, пробітами та показниками інтенсивності формування, напруги та рівномірності росту;

- дослідити відтворювальну здатність свиноматок з різними генотипами за геном *MC4R* та різним рівнем годівлі під час вирощування;

- дослідити особливості росту та розвитку поросят отриманих від свиноматок різних генотипів за різного рівня годівлі;

- дослідити вплив типу станків для опоросу свиноматок на їх відтворювальну здатність в залежності від генотипу свиней;

- удосконалити технологію виробництва продукції свинарства в господарстві ТОВ «Максі 2010» з урахуванням отриманих результатів досліджень;

- визначити економічну ефективність проведених досліджень.

Об'єктом дослідження були вплив генотипу та годівлі на ріст, розвиток та відтворювальну здатність свиней, вплив взаємодії генотипу та типу станків для опоросу на продуктивність свиноматок.

Для виконання поставлених завдань було проведено лабораторні та науково-господарські дослідження; визначено генотипи піддослідних ремонтних свинок за

ДНК-маркером *MC4R*, сформовано піддослідні групи з різними генотипами та рівнями годівлі, досліджено показники росту та власної продуктивності гібридних свинок, оцінено піддослідне поголів'я за селекційними індексами. Після отримання опоросів проведено оцінювання відтворювальної здатності свиноматок з різним генотипом за різного рівня годівлі на вирощуванні та визначено вплив цих факторів на ріст їх приплоду у постнатальний період. На наступному етапі, після отримання другого опоросу від піддослідних свиноматок було оцінено їх відтворювальну здатність в залежності від впливу генотипу та типу фіксаційного станка для опоросу. За результатами проведених досліджень було удосконалено технологію вирощування ремонтних свинок в господарстві та запропоновано зміни до станковаого обладнання для проведення опоросів. Позитивний ефект від результату проведеної роботи підтверджується встановленим додатковим економічним ефектом та підвищенням економічної ефективності отримання дорощених поросят у дослідних групах.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає в тому, що вперше було встановлено вплив взаємодії генотипу за геном *MC4R* та рівня годівлі свинок на їх живу масу під час вирощування у віці 6 і 8 місяців та на середньодобові прирости з 4 до 8 місяців від народження; вперше встановлено вплив взаємодії генотипу за геном *MC4R* та рівня годівлі на показники напруги та рівномірності росту свинок на вирощуванні; вперше визначено особливості впливу взаємодії рівня годівлі свинок під час вирощування та генотипу за геном рецептора меланокортину 4 на їх подальшу відтворювальну здатність; вперше встановлено вплив взаємодії факторів утримання свиноматок під час опоросу та лактації (тип розміщення станків) та генотипу свиноматок за геном рецептора меланокортину 4 на показники їх відтворювальної здатності. Отримано нові дані щодо розподілу частоти алелів гена рецептора меланокортину 4 у гібридних свиней поєднання велика біла × ландрас. Науково обґрунтовано ефективність годівлі гібридних свинок на вирощуванні різними раціонами в залежності від їх генотипу за геном *MC4R*.

Результатом виконання досліджень стало встановлення значущого ( $P < 0,05$ ) впливу рівня годівлі та генотипу свинок за геном *MC4R* на їх подальшу відтворювальну здатність і доведено ефективність використання різних раціонів для свинок з різним генотипом. Експериментально обґрунтовано більшу ефективність використання для опоросу фіксаційних станків з прямим розміщенням у боксі, для свиней з різними генотипами.

Визначено частоту розподілу генотипів та алелів за геном *MC4R* (SNP с.1426 G>A) у гібридних свиней поєднання велика біла × ландрас (алель G у піддослідній виборці зустрічався частіше в 1,86 рази порівняно з алелем A, при  $P < 0,001$ ), а найбільш поширеним генотипом був *MC4R-AG*. Рівень поліморфізму за даним геном був достатнім для проведення асоціативних досліджень ( $PI_C = 0,35$ ). Встановлено, що вплив генотипу та рівня годівлі на показники росту та товщину шпику у ремонтних свинок проявляється починаючи з віку 4 місяці ( $P < 0,05$ ). Найбільшу живу масу у віці 4 та 6 місяців було зафіксовано у групі тварин з генотипом *MC4R-AG* при високому рівні годівлі ( $P < 0,01$ ), проте ця група відрізнялась і найбільшою товщиною шпику ( $P < 0,05$ ). На середньодобові прирости гібридних ремонтних свинок за весь період вирощування від народження до віку восьми місяців було встановлено вплив взаємодії організованих факторів (рівень годівлі + генотип;  $P = 2,78 \cdot 10^{-5}$ ).

Взаємодія факторів генотипу та годівлі під час вирощування свинок мала суттєвий вплив на ряд показників ознак відтворювальної здатності свиноматок, а саме: на багатоплідність ( $P = 0,001$ ), масу приплоду поросят при народженні та відлученні ( $P = 1,18 \cdot 10^{-5}$  та  $P = 9,02 \cdot 10^{-5}$ ), середню масу поросят при народженні ( $P = 9,87 \cdot 10^{-5}$  та  $P = 4,95 \cdot 10^{-7}$ ), вирівняність гнізда при народженні та відлученні ( $P = 0,002$  та  $P = 5,58 \cdot 10^{-5}$ ) кількість відлучених поросят у гнізді ( $P = 0,042$ ), середньодобовий приріст поросят від народження до 28 днів ( $P = 2,43 \cdot 10^{-6}$ ). Свинки, яких вирощували на нормованому раціоні і мали генотип *MC4R-AG*, після одержання від них опоросів перевищували показники тварин з генотипом *MC4R-*

GG на 20,1 % за масою гнізда при народженні ( $P = 0,008$ ) та на 9,3 % за середньою масою поросяти при народженні ( $P = 0,035$ ).

Після відлучення поросят свиноматки з генотипом *MC4R-AG* (нормована годівля під час вирощування) переважали групу з генотипом *MC4R-GG* за середньою масою поросяти при відлученні на 8,3 % ( $P = 0,001$ ), та за середньодобовим приростом від народження до 28 діб – на 8,0 % ( $P = 0,003$ ). Навпаки, в умовах високого рівня годівлі тварини з генотипом *MC4R-GG* мали вищу продуктивність за такими ознаками як багатоплідність – на 12,6 % ( $P = 0,023$ ); маса гнізда поросят при народженні та відлученні – на 22,4 % ( $P = 1,41 \cdot 10^{-5}$ ) та 27,0 % ( $P = 5,82 \cdot 10^{-4}$ ); середня маса поросяти при народженні та відлученні – на 11,0 % ( $P = 5,71 \cdot 10^{-4}$ ) та 13,0 % ( $P < 8,24 \cdot 10^{-5}$ ); кількість відлучених поросят – на 16,2 % ( $P = 0,014$ ) та за середньодобовими приростами від народження до відлучення – на 13,4 % ( $P = 2,55 \cdot 10^{-4}$ ). Таким чином, при відборі для відтворення свинок з генотипом *MC4R-GG*, необхідно забезпечити їм підвищений на 10 % рівень годівлі відносно до норм.

Встановлено, що ефект взаємодії організованих факторів продовжував впливати на живу масу поросят навіть після їх відлучення – сила впливу на живу масу у віці 60 та 90 днів становила відповідно  $\eta^2 = 42,95$  % ( $P = 4,28 \cdot 10^{-5}$ ) та  $\eta^2 = 18,84$  % ( $P = 0,007$ ). Значущий вплив організованих факторів, взятих окремо, виявлено лише для рівня годівлі, який достовірно впливав на живу масу потомства у віці 60 днів ( $P = 0,02$ ).

Тип розміщення фіксаційного станка у боксі для опоросу впливав на всі показники, які визначали при відлученні поросят. При прямому розміщенні станка, свиноматки з генотипом *MC4R-GG* мали більшу кількість відлучених поросят на 19,7 % ( $P = 0,003$ ), більшу масу гнізда при відлученні на 23,0 % ( $P = 0,002$ ) та кращу збереженість поросят на 14,5 в. п. ( $P = 3,75 \cdot 10^{-7}$ ) порівняно із свиноматками з генотипом *MC4R-AG* при діагональному розміщенні фіксаційного станка.

Багатоплідність свиноматок уведених у стадо збільшилась ( $P < 0,05$ ) після впровадження у господарстві різних раціонів годівлі для тварин з різним

генотипом, а у комплексі із заміною діагональних фіксаційних станків для опоросу на станки з прямим розміщенням, також вдалось отримати більшу кількість відлучених порослят у свиноматок першоопоросок ( $P < 0,05$ ) та підвищити живу масу гнізда при відлученні ( $P < 0,05$ ).

Ефективність запропонованих змін у годівлі ремонтних свинок та типу фіксаційних станків для свиноматок з урахуванням їх генотипу підтверджується отриманим економічним ефектом. Від свиноматок, які мали генотип *MC4R*-GG, на вирощуванні отримували підвищений раціон годівлі, утримувались під час опоросу та лактації у фіксаційних станках з прямим розміщенням було отримано економічний ефект у розмірі 13385,76 грн. на одну свиноматку задіяну у дослідженнях.

**Ключові слова:** свині, *sus scrofa*, велика біла × ландрас, свиноматки, порослята, маркер-асоційована селекція, SNP ДНК-маркер, *MC4R*, рівень годівлі, взаємодія генотип-середовище, станки для опоросу, відтворювальна здатність, приріст, товщина шпику.

## ABSTRACT

**Sukhno T.V. Influence of melanocortin 4 receptor gene and paratypic factors on growth and reproductive capacity of pigs.**

Thesis for obtaining the Ph. D. degree in specialty 204 «Technology of production and processing of livestock products». Poltava State Agrarian University, Poltava, 2024.

The problem of saving resources, reducing costs and increasing the efficiency of using animals to minimize harmful effects on the environment during the production of livestock products is becoming a global problem today. A necessary condition for increasing the efficiency of pig production is the definition and analysis of factors related to the productivity and reproductive capacity of pigs. Such factors are divided into genetic and paratypical, however, these two types of factors usually interact with each other -

genetic potential can be realized only under appropriate environmental conditions, therefore, when studying the influence of various factors on the growth, development, productivity and reproductive capacity of pigs, it is necessary to take into account the interaction of genetic and non-genetic factors.

In recent years, the idea of «precision feeding» of pigs, which includes optimizing the ration of pigs according to their genotype, has gained relevance. Another important condition for the effective management of the pig industry is the implementation of appropriate conditions for keeping animals depending on their genotype.

The dissertation theoretically summarizes and experimentally substantiates the peculiarities of the interaction of the *MC4R* gene and the level of feeding of pigs during raising on their growth, development and further reproductive capacity, as well as the interaction of the farming factor (the type of placement of fixation pen in the farrowing box) and the genotype of sows DNA-marker *MC4R* on indicators of their reproductive ability. The effectiveness of different levels of feeding hybrid pigs in rearing, depending on their genotype, has been scientifically substantiated.

Research on the topic of the dissertation was conducted during 2020-2024 in the conditions of Maxi 2010 LLC of the Poltava district and region, the pig breeding and selection laboratory, and the genetics laboratory of the Institute of Pig Breeding and Agro-industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences, certified according to DSTU ISO 10012:2005.

**The aim of the work:** to determine the influence of the *MC4R* DNA marker genotype, the level of pig feeding and the interaction of these factors on the growth and development of sows and their reproductive capacity after farrowing, as well as to evaluate the influence of farrowing pens on the productivity of sows with different genotypes.

To achieve the goal, the following tasks were set:

- carry out typing of the pig herd by the DNA marker of the melanocortin 4 receptor gene and form sub-experimental groups with different genotypes depending on the results of molecular genetic studies;

- to investigate the indicators of growth and fat thickness of experimental pigs, to evaluate them according to selection indices, probits and indicators of the intensity of formation, tension and uniformity of growth;
- to investigate the reproductive capacity of sows with different genotypes for the *MC4R* gene and different levels of feeding during rearing;
- to investigate the peculiarities of growth and development of piglets obtained from sows of different genotypes at different levels of feeding;
- to investigate the influence of the type of farrowing pens for sows on their reproductive capacity depending on the genotype of the pigs;
- to improve the technology of production of pig products at the farm of "Maxi 2010" LLC, taking into account the obtained research results;
- to determine the economic efficiency of the conducted research.

The object of the study was the effect of genotype and feeding on the growth, development and reproductive capacity of pigs, the effect of the interaction of genotype and type of farrowing pens on the productivity of sows.

Laboratory and field studies were carried out to fulfill the assigned tasks; the genotypes of experimental young pigs were determined according to the *MC4R* DNA marker, experimental groups with different genotypes and feeding levels were formed, the growth indicators and own productivity of hybrid pigs were investigated, the experimental herd was evaluated according to breeding indices. After receiving the farrowings, the reproductive capacity of sows with different genotypes was evaluated at different levels of feeding in rearing, and the influence of these factors on the growth of their offspring in the postnatal period was determined. At the next stage, after obtaining the second farrowing from the experimental sows, their reproductive capacity was evaluated depending on the influence of the genotype and the type of fixation pens for farrowing. According to the results of the conducted research, the technology of rearing young pigs in the farm was improved and changes to the equipment for farrowing were proposed. The positive effect of the results of the work carried out is confirmed by the



established additional economic effect and the increase in the economic efficiency of obtaining rearing piglets in the experimental groups.

The scientific novelty of the obtained research results is that for the first time the influence of the interaction of the *MC4R* gene genotype and the level of feeding of piglets on their live weight during growing at the age of 6 and 8 months and on the average daily growth from 4 to 8 months after birth was determined; for the first time, the influence of the interaction of the *MC4R* gene genotype and the level of feeding on the indicators of tension and evenness of growth of piglets during growing was established; for the first time, the features of the interaction between the level of feeding of piglets during growing and the genotype of the melanocortin 4 receptor gene on their further reproductive capacity were determined; for the first time, the influence of the interaction of the factors of keeping sows during farrowing and lactation (type of placement of farrowing pens) and the genotype of sows by the melanocortin 4 receptor gene on indicators of their reproductive capacity was established. New data were obtained on the frequency distribution of alleles of the melanocortin 4 receptor gene in hybrid pigs of the Great White × Landrace hybrid. The effectiveness of feeding hybrid gilts with different rations during growing depending on their genotype for the *MC4R* gene has been scientifically substantiated.

The result of the research was the establishment of a significant ( $P < 0.05$ ) influence of the level of feeding and the genotype of piglets for the *MC4R* gene on their further reproductive capacity, and the effectiveness of using different diets for piglets with different genotypes was proven. The greater efficiency of using fixation pens for farrowing with direct placement in the box for pigs with different genotypes has been experimentally substantiated.

The frequency of distribution of genotypes and alleles of the *MC4R* gene (SNP c.1426 G>A) in hybrid pigs of the combination Great White × Landrace was determined (allele G in the experimental samples occurred 1.86 times more often compared to allele A, at  $P < 0.001$ ). The most common genotype was *MC4R*-AG. The level of polymorphism for this gene was sufficient for conducting association studies ( $PIC = 0.35$ ). It was

established that the influence of genotype and feeding level on growth indicators and fat thickness in young pigs is manifested starting from the age of 4 months ( $P < 0.05$ ). The highest live weight at the age of 4 and 6 months was recorded in the group of animals with the *MC4R*-AG genotype and a high level of feeding ( $P < 0.01$ ), but this group also differed at the largest fat thickness ( $P < 0.05$ ). The influence of the interaction of organized factors (feeding level+genotype;  $P = 2.78 \cdot 10^{-5}$ ) was established on the average daily growth of hybrid gilts during the entire growing period from birth to the age of eight months.

The interaction of genotype factors and feeding during the growing of pigs had a significant effect on a number of indicators of reproductive ability of sows, namely: number of piglets born alive ( $P = 0.001$ ), weight of piglets at birth and weaning ( $P = 1.18 \cdot 10^{-5}$  and  $P = 9.02 \cdot 10^{-5}$ ), average weight of piglets at birth ( $P = 9.87 \cdot 10^{-5}$  and  $P = 4.95 \cdot 10^{-7}$ ), piglets evenness at birth and weaning ( $P = 0.002$  and  $P = 5.58 \cdot 10^{-5}$ ) number of weaned piglets per litter ( $P = 0.042$ ), average daily gain of piglets from birth to 28 days ( $P = 2.43 \cdot 10^{-6}$ ). Pigs that were raised on a standardized diet and had the *MC4R*-AG genotype, after receiving piglets from them, exceeded the performance of animals with the *MC4R*-GG genotype by 20.1% in litter weight at birth ( $P = 0.008$ ) and by 9.3% in average weight of piglets at birth ( $P = 0.035$ ).

After the weaning of piglets, sows with the *MC4R*-AG genotype (normalized feeding during growing) prevailed over the group with the *MC4R*-GG genotype in piglet weight at weaning by 8.3% ( $P = 0.001$ ), and in average daily gain from birth to 28 days - by 8.0% ( $P = 0.003$ ). On the contrary, in conditions of a high level of feeding, animals with the *MC4R*-GG genotype had higher productivity according to such characteristics as number of piglets born alive - by 12.6% ( $P = 0.023$ ); litter weight of piglets at birth and weaning - by 22.4% ( $P = 1.41 \cdot 10^{-5}$ ) and 27.0% ( $P = 5.82 \cdot 10^{-4}$ ); the average weight of piglets at birth and weaning - by 11.0% ( $P = 5.71 \cdot 10^{-4}$ ) and 13.0% ( $P < 8.24 \cdot 10^{-5}$ ); the number of weaned piglets - by 16.2% ( $P = 0.014$ ) and by average daily growth from birth to weaning - by 13.4% ( $P = 2.55 \cdot 10^{-4}$ ). Thus, when selecting pigs with the *MC4R*-GG

genotype for reproduction, it is necessary to provide them with a 10% increased level of feeding relative to the norm.

It was established that the effect of the interaction of organized factors continued to affect the weight of piglets even after their weaning - the power of influence on the live weight at the age of 60 and 90 days was, respectively,  $\eta^2 = 42.95\%$  ( $P = 4.28 \cdot 10^{-5}$ ) and  $\eta^2 = 18.84\%$  ( $P = 0.007$ ). A significant effect of organized factors taken separately was found only for feeding level, which significantly affected offspring live weight at the 60 days age ( $P = 0.02$ ).

The type of placement of the fixation pens in the farrowing box influenced all the indicators that were determined at weaning of piglets. When the pens was placed directly, sows with the *MC4R*-GG genotype had a higher number of weaned piglets by 19.7% ( $P = 0.003$ ), a higher litter weight at weaning by 23.0% ( $P = 0.002$ ) and better survival of piglets by 14.5 percentage points ( $P = 3.75 \cdot 10^{-7}$ ) compared to sows with the *MC4R*-AG genotype when the fixation pens was placed diagonally.

The fertility of sows brought into the herd increased ( $P < 0.05$ ) after the implementations of different feeding rations for animals with different genotypes, and in the complex with the replacement of diagonal fixation pens for farrowing with pens with direct placement, it was also possible to obtain a greater number of weaned piglets per sow ( $P < 0.05$ ) and increase live weight of the litter at weaning ( $P < 0.05$ ).

The effectiveness of the proposed changes in the feeding of gilts and in the type of fixation pens for sows, taking into account their genotype, is confirmed by the obtained economic effect. An economic effect of 13,385.76 hryvnias per sow involved in research was obtained from sows that had the *MC4R*-GG genotype, received an increased feed ration during growing, were kept during farrowing and lactation in fixation pens with direct placement.

**Key words:** pigs, *sus scrofa*, Great White  $\times$  Landrace, sows, piglets, marker-associated selection, SNP DNA marker, *MC4R*, feeding level, genotype-environment interaction, farrowing pens, reproductive capacity, growth, backfat thickness.