


original article | UDC 636.4 | doi: 10.31210/visnyk2020.01.15

THE RELATIONSHIP OF SPERM PRODUCTIVITY AND SEX ACTIVITY OF DIFFERENT GENOTYPE BREEDING BOARS BY *ACTN1* AND *FSHβ* GENES

 V. M. Gyria¹


 O. I. Metlitska²


 V. Ye. Usachova^{3*}


 O. I. Myronenko³


 V. G. Slynko³

 ORCID  [0000-0002-6643-5790](https://orcid.org/0000-0002-6643-5790)

 ORCID  [0000-0001-7939-1208](https://orcid.org/0000-0001-7939-1208)

 ORCID  [0000-0002-5866-7006](https://orcid.org/0000-0002-5866-7006)

 ORCID  [0000-0002-6067-3755](https://orcid.org/0000-0002-6067-3755)

 ORCID  [0000-0002-1673-5840](https://orcid.org/0000-0002-1673-5840)
¹ Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS, 1, Shvedska Mohyla str., Poltava, 36013, Ukraine

² State enterprise “Biological Resources of Ukraine” of the Ministry of Power Engineering and Environmental Protection, 35, Mytropolyta Vasylia Lypkivskoho str., Kiev, 03035, Ukraine

³ Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

 E-mail: valentya.usachova@gmail.com

The article is devoted to the estimation of breeding boars' genotypes according to the indices of sex activity and sperm productivity and identification of the desired *ACTN1*, *FSHβ* gene genotypes for further breeding work in the herd. The purpose of our research was to identify the relationship of breeding boars' genetic structure by *ACTN1*, *FSHβ* genes and describe the effect of their polymorphism on the indices of sperm productivity and sex activity of boars belonging to different breeds. The analysis of sperm productivity by *ACTN1* gene showed that the AA genotype of boars had a larger ejaculate volume by 28.6 ml (11.8 %, $P \leq 0.05$) than BB genotype boars of the same age, but were inferior to AB genotype boars by 52.4 ml (19.3 %). It was found out that sperm productivity and sex activity of breeding boars as to *FSHβ* gene were ambivalent: boars of the Large White breed had a larger ejaculate volume (89.0–33.7 ml, or by 0.8–4.3 times), and breeding boars of Landrace breed, on the contrary, were inferior as to this index (114.5–123.3 ml less, or by 51.5–57.7 %). The results are statistically highly reliable ($p \leq 0.001$). On the average as to the estimated boars, a significant difference was established between the genotypes concerning the spermatozoon motility ($p \leq 0.05$). A statistically significant preference ($P \leq 0.001$) of heterotic boars of AB genotype, *ACTN1* gene of the Large White breed, Landrace, and Durok breeds was revealed as to the indices of contact with phantom and erection by 42.5–55.4 sec., as well as ejaculation intensity by 0.082–0.313 sec., respectively, which is confirmed by higher indices (2.1–4.2). According to the *FSHβ* gene, the same tendency regarding sex activity of the studied boars was confirmed. On the whole, the analysis of haplotypes of *ACTN1* and *FSHβ* genes has shown that the selection of boars for their libido and sperm productivity will be more effective in AVAA sub-gene, as compared with AVAV and AAVV genotypes, where there is an increase of ejaculate by 7.6–38.6 %, spermatozoon concentration – by 14.3–30.2 %, spermatozoon motility by 2.5–4.6 %, and higher mating activity: by the contact of breeding boar with phantom and erection by 47.8–79.2 %, and ejaculation intensity – by 5.0–14.5 %. To assess the productive qualities of breeding boars, a separate role has been noted for using sperm productivity and sex activity indices, which make it possible to carry out the objective estimation of boars' breeding value for determining their breeding rating.

Keywords: genotype, breeding boars, sex (mating) activity, sperm productivity, genes, *ACTN1*, *FSHβ*.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СПЕРМОПРОДУКТИВНОСТІ ТА СТАТЕВОЇ АКТИВНОСТІ КНУРІВ-ПЛІДНИКІВ РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ ЗА ГЕНАМИ *ACTN1* І *FSHβ***В. М. Гиря¹, О. І. Метлицька², В. Є. Усачова³, О. І. Мироненко³, В. Г. Слинько³,**¹ Інститут свинарства і АПВ НААН, м. Полтава, Україна² Державне підприємство «Біологічні ресурси України» Міністерства енергетики та захисту довкілля України, м. Київ, Україна³ Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Стаття присвячена оцінці генотипів кнурів-плідників за показниками статевої активності і спермопродуктивності та виявленню бажаних генотипів генів *ACTN1*, *FSHβ* для подальшої селекційної роботи у стаді. Метою наших досліджень було виявити зв'язок генетичної структури кнурів-плідників за генами *ACTN1*, *FSHβ* та описати вплив їх поліморфізму на показники спермопродуктивності та статевої активності кнурів різних порід. Аналіз спермопродуктивності плідників за геном *ACTN1* показав, що кнури генотипу AA мали більший на 28,6 мл об'єм еякуляту (11,8 %, $P \leq 0,05$), ніж їх ровесники генотипу BB, однак поступались особинам з генотипом AB на 52,4 мл (19,3 %). Виявлено, що спермопродуктивність і статеву активність плідників за геном *FSHβ* були подвійно: кнури великої білої породи мали більший об'єм еякуляту (на 89,0–33,7 мл, або у 0,8–4,3 раза), а плідники породи ландрас навпаки поступались за цим показником (на 114,5–123,3 мл, або на 51,5–57,7 %). Результати статистично високо достовірні ($p \leq 0,001$). У середньому ж по оціненим кнурам достовірною різниця встановлена між генотипами за рухливістю спермій ($p \leq 0,05$). Зафіксовано статистично достовірну перевагу ($P \leq 0,001$) гетерозисних кнурів генотипу AB гену *ACTN1* великої білої породи, ландрас, дюрк за показниками контакту з фантомом і ерекцією на 42,5–55,4 с., а також інтенсивністю еякуляції відповідно на 0,082–0,313 с., що й підтверджено вищими індексними показниками (2,1–4,2). За геном *FSHβ* підтверджена така ж тенденція відносно статевої активності досліджуваних кнурів. Загалом аналіз гаплотипів двох генів *ACTN1* і *FSHβ* показав, що відбір кнурів за їх лібідо та спермопродуктивністю буде ефективнішим за субгенотипом ABAA, порівняно з генотипами ABAB і AAAB спостерігається збільшення еякуляту на 7,6–38,6 %, концентрації спермій – на 14,3–30,2 %, рухливості спермій – на 2,5–4,6 %, вища статеву активністю: за контактом плідника з фантомом і ерекцією на 47,8–79,2 % та інтенсивністю еякуляції – на 5,0–14,5 %. Для оцінки продуктивних якостей кнурів-плідників відмічена окрема роль використання індексів спермопродуктивності та статевої активності, які дають можливість проводити об'єктивну оцінку племінної цінності кнурів для встановлення їх селекційного рейтингу.

Ключові слова: генотип, кнури-плідники, статеву активність, спермо- продуктивність, гени, *ACTN1*, *FSHβ*.

ВЗАИМОСВЯЗЬ СПЕРМОПРОДУКТИВНОСТИ И ПОЛОВОЙ АКТИВНОСТИ ХРЯКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ ПО ГЕНАМ *ACTN1* І *FSHβ***В. Н. Гиря¹, Е. И. Метлицкая², В. Е. Усачева³, Е. И. Мироненко³, В. Г. Слинько³,**¹ Інститут свиноводства и АПП НААН, г. Полтава, Украина² Государственное предприятие «Биологические ресурсы Украины» Министерства энергетики и защиты окружающей среды Украины, г. Киев, Украина³ Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Статья посвящена оценке генотипов хряков-производителей разных пород по показателям половой активности и спермопродуктивности и выявлению желаемых генотипов по генам *ACTN1* и *FSHβ* для дальнейшей селекционной работы в стаде. Анализ гаплотипов двух генов *ACTN1* и *FSHβ* показал, что отбор хряков по их либидо и спермопродуктивности в сравнение с генотипами ABAB і AAAB будет эффективнее по субгенотипу ABAA. У хряков с указанным генотипом наблюдается увеличение объема эякулята на 7,6–38,6 %, концентрации спермы – на 14,3–30,2 %, подвижности спермы – на 2,5–4,6 %, повышение половой активности по контакту хряка с фантомом, эрекции на 47,8–79,2 % и интенсивности эякуляции – на 5,0–14,5 %. Для оценки продуктивности хряков-производителей отмечена отдельная роль использования индексов спермопродуктивности и половой

активності, позволяющих проводить объективную оценку племенной ценности хряков для установления их селекционного рейтинга.

Ключевые слова: генотип, хряки-производители, половая активность, спермопродуктивность, гены, *ACTN1*, *FSHβ*.

Вступ

Пріоритетним напрямом розвитку сучасної аграрної науки та виробництва є генетичний контроль наявних ресурсів тварин на предмет встановлення носіїв бажаних генотипів продуктивних ознак та активне використання таких модельних особин у стадах шляхом планового відбору. На основі такої молекулярно-генетичної інформації можна спрямовано формувати генофонд з необхідними генними поєднаннями, оскільки вона ґрунтується на аналізі генотипу, не залежить від впливу зовнішнього середовища й надає можливість розводити генетично кращих тварин на ранніх етапах їх онтогенетичного розвитку [5].

Найбільш точним методом оцінки генетичного потенціалу сільськогосподарських тварин безпосередньо на рівні генотипу є дослідження з виявлення інформативних однонуклеотидних поліморфізмів (SNP) та розробці систем ДНК-аналізу генів [2, 19].

Використання молекулярно-генетичних маркерів стає важливим складовим елементом у селекційному процесі сільськогосподарських тварин і дає змогу отримувати високопродуктивні генотипи, брати участь у збереженні малочисельних та удосконаленні наявних порід, відкриває можливості вивчення генетичної індивідуальності як окремих особин, так і різних популяцій [13]. Однак необхідно зазначити, що хоча сучасні ДНК технології маркування геномів мають суттєві переваги і в принципі дозволяють ідентифікувати генотипи тварин одночасно по десяткам тисяч локусів, все ж теоретичні основи їх застосування у практичній селекції, за своєю суттю, залишаються такими ж, як і при використанні інших типів генетичних маркерів (біохімічні, імуногенетичні). Як правило, SNP представлені двома алелями, але можуть траплятися і триалельні варіанти [26]. Наявність різних методів генетичного контролю кількісних ознак дають можливість детермініруватися як безліччю генів з малим впливом на ознаки, так і відносно невеликою кількістю головних генів, що здійснюють безпосередній вплив [18].

Відтворювальна здатність кнурів-плідників відноситься до основних чинників якісного удосконалення стада та підвищення рентабельності галузі [4]. Тому ефективне виробництво свинини значною мірою залежить від використання кнурів з найвищою генетичною цінністю за статеву активністю (лібідо), якістю спермопродукції та відтворювальною здатністю. Зважаючи на те, що показники якості сперми не завжди вказують на фертильність і репродуктивну здатність кнурів, більш точним методом залишаються генетичні й білкові маркери, завдяки яким на ранньому етапі можна прогнозувати показники продуктивності кнурців [35].

Рішення по відборі кнура для подальшого його використання може бути ухвалене на ранньому етапі його життя, що дає змогу скоротити час його можливої оцінки за фенотипом, що стосується запліднюючої здатності, якості сперми та потомства [37]. Ґрунтовна оцінка таких генів, як і їх поліморфізми, можуть забезпечити міцну основу для визначення переваги окремо вибраних кнурів-плідників чи порід свиней перед іншими [22].

Дослідження багатьох учених свідчать, що шлях від спермогенезу до запліднення є складним та контролюється великою кількістю генів, зокрема й актиніном, який бере участь у мембранних змінах під час реакції акросоми, впливаючи на функціональну діяльність сперматозоїдів [39, 24].

Альфа-актинін експресується в тестикулярних, сім'яноканальцевих та еякульованих сперматозоїдах, а також в епітелії сім'яних каналців самця. Встановлено зв'язок гена *ACTN1* з функціональними якостями сперми [15] – відсотком нормальних сперміїв та концентрацією сперми свиней.

Фолікулостимулюючий гормон – глікопротеїн виробляється передньою часткою гіпофіза. Він має субодиниці α і β , кодовані іншими генами. Субодиниця β є видоспецифічною, вона має біологічну функцію й кодується геном *FSHβ* [34, 30, 32]. Ген *FSHβ*, який знаходиться у другій хромосомі (*SSC2*) [29], в організмі кнурів регулює окремі стадії спермогенезу, впливає на статеву поведінку та функціонування статевих органів.

Тому метою нашого дослідження було виявити зв'язок генетичної структури кнурів-плідників за генами *ACTN1*, *FSHβ* та описати вплив їх поліморфізму на показники спермопродуктивності та статевої активності окремих генотипів.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі завдання: виявити «бажані» генотипи кнурів-плідників за генам *ACTN1*, *FSHβ* у породах – велика біла, ландрас, миргородська, червона бі-

лопося, дюрок, п'єтрен та оцінити їхній вплив на окремі показники статевої активності та спермопродуктивності, з метою їх подальшого закріплення у стаді.

Матеріали і методи досліджень

Матеріалом для досліджень були піддослідні свині різних генотипів свиней ДНК-типовані за локусами генів *ACTN1*, *FSHβ*. У дослідях були використані зразки проб крові свиней таких порід: велика біла, миргородська, червона білопосяса, ландрас, дюрок, п'єтрен. Експериментальний матеріал досліджували в умовах експериментальної бази та в лабораторії генетики Інституту свинарства і АПВ НААН України.

Гени-кандидати *FSHβ* і *ACTN1* були досліджені на предмет їхнього зв'язку з ознаками якості сперми: об'єм еякуляту, концентрації сперматозоїдів, їхньої рухливості й показники статевої активності кнурів – за часом контакту з фантомом і ерекції, інтенсивністю еякуляції та загальною тривалістю взяття сперми, індексна оцінка генотипів.

Методи досліджень. Молекулярно-генетичні експерименти з виділення ДНК з крові тварин за допомогою реагенту Chelex 100 методом сайт-специфічної полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) з подальшим рестриктним аналізом (метод ПЛР-ПДРФ – поліморфізм довжин рестриктних фрагментів [6]. Генотипування за локусами *ACTN1*, *FSHβ* проводили згідно з рекомендаціями [14]. Статистичне опрацювання результатів аналізу здійснено стандартними методами [9].

Оцінку якості свіжо отриманої сперми кнурів виконували згідно з «Інструкцією зі штучного осіменіння свиней» [3] за об'ємом еякуляту, концентрацією сперматозоїдів, активністю (рухливістю) сперматозоїдів, надаючи увагу загальній кількості прямолінійно-рухливих сперматозоїдів.

Визначення типу статевої активності плідників проводили з використанням методики А. В. Федорова [11]. Хронометраж статевих рефлексів здійснювали за допомогою секундоміра. При цьому фіксації підлягали: тривалість прояву рефлексу наближення, контакту з фантомом і ерекція – від початку контакту тварини з фантомом до зорієнтованого результативного стрибка на нього і ерекції; власне еякуляції – від початку до закінчення виділення сперми; загальна тривалість взяття сперми – від початку наближення кнура до фантома та закінчення еякуляції. Інтенсивність еякуляції (мл/с) визначали розрахунком відношення об'єму еякуляту до тривалості рефлексу еякуляції.

Годівля та утримання всіх груп тварин відповідали зоотехнічним нормам і були ідентичними, враховуючи вік, живу масу й фізіологічний стан [7]. Використано концентратний тип годівлі з кормів власного виробництва.

Індивідуальну оцінку спермопродуктивності та статевої активності кнурів різних порід за генами *ACTN1* і *FSHβ* проводили за допомогою індексів [1]:

- спермопродуктивності (I_{sp}):

$$I_{sp} = \frac{V}{\delta} + \frac{C}{\delta_2} + \frac{M}{\delta_3}, \text{ де}$$

V – об'єм еякуляту, мл;

C – концентрація спермій, млрд/мл

M – прямолінійно-поступальна рухливість спермій, %;

δ – середнє квадратичне відхилення показників продуктивності кнурів-плідників.

- статевої активності (I_{ra}):

$$I_{ra} = \frac{T_3}{T_1} + \frac{\delta_3}{\delta_1}, \text{ де}$$

T1 – тривалість контакту плідника з фантомом і ерекція, с;

T3 – загальна тривалість взяття сперми від кнура, с;

δ_1 , δ_3 – середнє квадратичне відхилення облікових ознак T1 і T3;

На основі розрахункового бального індексу визначається чотири типи вищої нервової діяльності (ВНД): 4,3 і вище – сильний врівноважений рухливий тип (СВР), 3,2–4,2 – сильний врівноважений інертний тип (СВІ), 2,1–3,1 – сильний неуврівноважений тип (СН), 0–2 – слабкий тип (С) відповідно до класифікації акад. І. П. Павлова [8].

Результати досліджень та їх обговорення

Одним з основних критеріїв оцінки ефективності відбору кнурів-плідників є проведення інтегрованої

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

оцінки показників, що найбільш повно розкриває їх подальше використання у стаді свиней. У наших дослідженнях за генами *ACTN1* і *FSHβ* здійснено аналіз взаємозалежності спермопродуктивності та статеві активності плідників з їх генотипами. Аналіз спермопродуктивності плідників за геном *ACTN1* (табл. 1) показав, що кнури генотипу АА мали більший об'єм еякуляту на 28,6 мл (11,8 %, $P \leq 0,05$), ніж їх ровесники генотипу ВВ, однак поступались особинам з генотипом АВ на 52,4 мл (19,3 %). Варто відзначити, що з 14,5 % одержаного еякуляту від кнурів генотипу ВВ була на 26,2–25,1 % вища концентрація спермій і на 2,5–3,5 % краща їх рухливість. У межах порід високими показниками спермопродуктивності характеризувалися кнури за номерами 18243 (велика біла порода) і 18305 (ландрас), що й підтверджено індексом спермопродуктивності – 21,0 і 23,4 од. відповідно.

1. Спермопродуктивність свиней різних генотипів за геном *ACTN1*

Інд. № кнура	Кількість еякулятів	Генотип кнура	Спермопродуктивність			Індекс (Isp)
			об'єм еякуляту, мл	концентрація спермій, млрд/мл	прямолінійно-поступальна рухливість спермій, %	
<i>Велика біла</i>						
18611	24	АА	101,0±3,0***	0,269±0,006***	86,2±1,0	9,8
18499	47	АА	214,0±8,0***	0,285±0,003*	90,0±0,2***	11,7
18647	43	АВ	438,4±17,0	0,219±0,007	85,3±0,8	19,0
18243	14	АА	190,0±13,9***	0,188±0,009***	82,5±1,1*	21,0
<i>Ландрас</i>						
18221	45	АВ	336,9±13,2	0,234±0,003	88,8±0,5	15,6
18305	16	АА	215,6±19,8***	0,211±0,008**	82,2±1,5***	23,4
18313	45	АА	222,4±8,0***	0,287±0,005***	88,1±0,6	12,5
18259	57	АА	213,6±8,1***	0,239±0,005	88,2±0,5	7,9
<i>Миргородська</i>						
641	50	ВВ	295,0±6,6***	0,291±0,004***	90,2±0,5***	16,1
853	48	АА	231,6±6,9	0,218±0,003	85,4±0,7	8,6
<i>Червона білопояса</i>						
3191	41	АА	257,1±8,4	0,183±0,005	86,2±0,7	10,0
3175	36	ВВ	196,0±8,4***	0,286±0,005***	89,3±0,6***	11,5
<i>П'єтрен</i>						
43007	24	АВ	252,5±11,3	0,201±0,005***	86,9±0,9	18,3
42905	31	АА	244,5±11,5	0,178±0,004	87,4±4,3	12,2
<i>Дюрок</i>						
1161	62	АВ	266,2±7,0	0,268±0,006	87,9±0,5	10,1
В середньому по генотипам:	323	АА	271,1±9,7	0,229±0,005	86,2±0,7	13,0
	184	АВ	323,5±7,5***	0,231±0,005	87,2±0,7	15,7
	86	ВВ	242,5±9,6*	0,289±0,004***	89,7±0,5***	13,8

Примітки: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

За повідомленням Lin et al., 2006 [31] отримані асоціації функціонального гена актину (*ACTN1*) з концентрацією сперми, рухливістю, обсягом сперми в еякуляті в порід п'єтрен та гемпшир. В іншому дослідженні істотного впливу гену *ACTN1* на показники якості сперми не спостерігалось, однак доказано зв'язок з репродуктивними якостями плідника [38].

За геном *FSHβ* показники спермопродуктивності і статеві активності плідників отримані подвійні результати (табл. 2). У кнурів великої білої породи виявлено більший об'єм еякуляту (на 89,0–33,7 мл, або у 0,8–4,3 раза), а плідники породи ландрас навпаки поступались за цим показником (на 114,5–123,3 мл, або на 51,5–57,7 %). Результати статистично високо достовірні – $p \leq 0,001$. У середньому ж по оціненим кнурам достовірна різниця встановлена між генотипами за рухливістю спермій ($p \leq 0,05$). Заслуговують на увагу плідники, які є носіями бажаного алелю В: № 18499 і 18647 (велика біла порода), 18313 (ландрас), 3191 (червонобілопоясна), 43007 (п'єтрен) і 1161 (дюрок).

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

У дослідженнях [17] генотипи AA і АВ показали кращу якість сперми при більш високій концентрації сперматозоїдів та меншій деформації сперматозоїдів. Також Ishak et al. [23] показали зв'язок генетичної мінливості гена *FSHβ* з ознаками якості сперми. Деякі автори сповістили про асоціацію гена *FSHβ* з розміром гнізда [33] та якістю сперми у свиней. У дослідженнях Wimmers et al. [38] також запропоновано використовувати β-субодиницю *FSHβ* як ознаку кандидата на маркер якості сперми та фертильності кнурів.

На думку Karelański Wojciech et al. у селекції та розведенні свиней застосування гена *FSHβ* може бути рекомендовано лише в тому разі, якщо значний ефект підтверджується в даній конкретній популяції [25].

2. Спермопродуктивність свиней різних генотипів за геном *FSHβ*

Інд. № кнура	Кількість еякулятів	Генотип кнур	Спермопродуктивність			Індекс (Isp)
			об'єм еякуляту, мл	концентрація спермій, млрд/мл	прямолінійно-поступальна рухливість спермій, %	
<i>Велика біла</i>						
18611	24	AA	101,0±3,0	0,269±0,006	86,2±1,0	9,8
18499	47	AB	214,0±8,0***	0,285±0,003*	90,0±0,2***	11,7
18647	43	AB	438,4±17,0***	0,219±0,007***	85,3±0,8	19,0
18243	14	AB	190,0±13,9***	0,188±0,009***	82,5±1,1*	21,0
<i>Ландрас</i>						
18221	45	AA	336,9±13,2	0,234±0,003	88,8±0,5	15,6
18305	16	AB	215,6±19,8***	0,211±0,008**	82,2±1,5***	23,4
18313	45	AB	222,4±8,0***	0,287±0,005***	88,1±0,6	12,5
18259	57	AB	213,6±8,1***	0,239±0,005	88,2±0,5	7,9
<i>Миргородська</i>						
641	50	AA	295,0±6,6***	0,291±0,004***	90,2±0,5***	16,1
853	48	AB	231,6±6,9	0,218±0,003	85,4±0,7	8,6
<i>Червона білопояса</i>						
3191	41	AB	257,1±8,4	0,183±0,005	86,2±0,7	10,0
3175	36	AB	196,0±8,4***	0,286±0,005***	89,3±0,6***	11,5
<i>Г'єтрен</i>						
43007	24	AB	252,5±11,3	0,201±0,005***	86,9±0,9	18,3
42905	31	AB	244,5±11,5	0,178±0,004	87,4±4,3	12,2
<i>Дюрок</i>						
1161	62	AB	266,2±7,0	0,268±0,006	87,9±0,5	10,1
В середньому по генотипам:	119	AA	244,3±7,5	0,230±0,005	88,4±0,7*	12,8

Примітки: * – P<0,05; ** – P<0,01; *** – P<0,001.

Важливим показником відтворювальної здатності кнурів є їх статеву активність (лібідо) – характер і ступінь проявлення статевих рефлексів, у результаті яких плідник виділяє сперму. Близько 50 % кнурів вибраковуються при розведенні через ослаблення, або зникнення лібідо, низьку якість сперми, або фізичну недостатність [12].

Результати досліджень статевої активності кнурів різних порід неоднозначні [27, 16, 20]. Як стверджують G. Levis і L. Reicks (2005), не існує стандартної процедури оцінки статевої поведінки кнурів. Вона може бути проведена на основі часу, необхідного для контакту з фантомом, тривалості ерекції, тривалості еякуляції тощо [28].

У дослідженнях, проведених R. Savić; M. Petrović (2015), Hemsworth, P. H. and Tilbrook, A. J. (2007) повідомляється, що на статеву активність кнурів впливають генетичні й паратипові чинники [36, 22], а функції, що пов'язані зі статевою поведінкою плідників, відрізняються й залежать від породи, віку, місця і способу використання та індивідуальних особливостей. Кнури з високим лібідо виділяють найбільшу кількість еякуляту і живих сперматозоїдів при їх високій рухливості.

Дані наших досліджень свідчать, що за геном *ACTN1* кнури генотипу АВ великої білої породи, ландрас і дюрок переважали своїх ровесників генотипу AA за показниками контакту з фантомом і

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

ерекцією на 42,5–55,4 с ($P \leq 0,001$) та інтенсивністю еякуляції відповідно на 0,082–0,313 с, що й підтверджено вищими індексними показниками (2,1–4,2). Водночас кнури миргородської породи швидше (на 96,3 с.) контактували з фантомом і мали коротший період тривалості взяття сперми (на 234 с.)

3. Статева активність кнурів різних популяцій за геном *FSHB*

Інд. № плідника	Генотип кнура	Контакт з фантомом і ерекція, с (Т1)	Еякуляція, С (Т2)	Загальна тривалість взяття сперми, с (Т3)	Інтенсивність еякуляції, мл/с (Іе)	Індекс (Іга)
<i>Велика біла</i>						
18611	АА	141,0±4,6	246,0±18,9	387,0±18,4	0,393±0,04	1,1
18499	АВ	154,0±13,6	295,8±20,7	443,8±27,6	0,717±0,06***	2,1
18647	АВ	88,0±6,5***	532,5±25,8** *	620,5±26,0***	0,831±0,06***	5,9
18243	АВ	110,5±4,3***	337,5±20,7**	448,0±20,5*	0,489±0,02*	2,0
<i>Ландрас</i>						
18221	АА	94,9±9,7	441,2±65,9	536,1±69,9	0,778±0,09	4,4
18305	АВ	128,8±8,9*	472,4±62,6	601,2±66,3	0,565±0,04*	2,6
18313	АВ	163,5±13,3***	676,5±39,0**	840,0±43,7***	0,314±0,01***	1,6
18259	АВ	120,0±7,1*	343,5±12,7	461,5±12,9	0,517±0,02*	2,0
<i>Миргородська</i>						
641	АА	156,5±12,5	492,5±37,4	647,5±30,1	0,593±0,04	2,4
853	АВ	60,2±1,9***	353,1±26,7**	413,3±27,5***	0,607±0,05	4,2
<i>Червона білопояса</i>						
3191	АВ	129,6±3,5	414,5±20,1	544,1±20,6	0,751±0,04	3,1
3175	АВ	196,5±7,0***	457,5±16,3	654,0±19,0***	0,528±0,02***	1,7
<i>П'єстрен</i>						
43007	АВ	145,1±4,7	427,7±11,8	572,8±13,7	0,550±0,03	2,2
42905	АВ	137,4±7,4	560,5±25,0	692,9±32,0	0,546±0,02	2,7
<i>Дюрок</i>						
1161	АВ	80,9±4,1	475,6±41,2	556,5±41,4	0,581±0,06	4,0
В середньому по генотипу	АА	130,8±9,8	393,2±40,7	523,5±39,5	0,588±0,06	2,6
	АВ	126,2±8,6	445,6±26,9	570,6±29,3	0,583±0,035	2,8

Примітки: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Аналіз гаплотипів двох генів *ACTN1* і *FSHB* (табл. 4) показав, що відбір кнурів за їхнім лібідом та спермопродуктивністю буде ефективнішим за субгенотипом АВАА.

4. Спермопродуктивність та статеву активність кнурів за гаплотипом *ACTN1-FSHB*

Показники	Субгенотипи генів <i>ACTN1-FSHB</i>		
	АААВ	АВАВ	АВАА
<i>Спермопродуктивність</i>			
об'єм еякуляту, мл	227,9±7,5	293,6±74,6	315,9±20,9
концентрація сперміїв, млрд/мл	0,230±0,02	0,202±0,09	0,263±0,03
прямолінійно-поступальна рухливість сперміїв, %	87,0±1,1	84,9±1,3	89,5±0,7
індекс	40,8	50,8	61,8
<i>Статева активність</i>			
контакт з фантомом і ерекція, с	138,9±6,8	114,5±16,6	77,5±17,3
еякуляція, с	443,4±54,1	432,5±56,3	382,1±29,0
загальна тривалість взяття сперми, с	590,8±59,6	574,2±63,8	498,8±37,3
інтенсивність еякуляції мл/с	0,565±0,06	0,616±0,11	0,647±0,13
індекс (Іга)	2,3	4,0	4,3

Примітки: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

За геном *FSHβ* зберігалась така ж тенденція відносно статевої активності різних генотипів кнурів – достовірної різниці між фіксованими показниками не встановлено (табл. 3). Перспективними є плідники № 18647, 18221, 853, 1161 і 3191 з індексами статевої активності відповідно 5,9 од., 4,4 од., 4,2 од., 4,0 од. і 3,1 од. відповідно. При цьому два кнури за типом ВНД відносились до сильного врівноваженого рухливого типу (18647 і 18221), два – до сильного врівноваженого інертного типу (8523 і 1161), 6 – до сильного нерівноваженого типу і 4 – до слабого типу. Відомо, що для штучного осіменіння найбільш придатні кнури з сильним врівноваженим рухомим і сильним врівноваженим типами нервової діяльності [10].

Порівняно з генотипами АВАВ і АААВ спостерігається збільшення еякуляту на 7,6–38,6 %, концентрації спермій – на 14,3–30,2 %, рухливості спермій – на 2,5–4,6 %, а також вищою статевою активністю за контактом плідника з фантомом і ерекцією на 47,8–79,2 % та інтенсивністю еякуляції – на 5,0–14,5 % [1].

Висновки

Виявлено, що при відборі кнурів-плідників за субгенотипом двох генів *ACTN1-FSHβ* АВАА порівняно з генотипами АВАВ і АААВ спостерігається покращення більшості показників фертильності з високим рівнем достовірності. Результати проведених досліджень свідчать, що для оцінки продуктивних якостей кнурів-плідників доцільно використовувати індекси спермопродуктивності та статевої активності, які дають можливість проводити об'єктивну оцінку племінних якостей кнурів і встановити їх селекційний рейтинг.

Перспективи подальших досліджень направлені на більш глибоке опрацювання можливостей використання зв'язку алейних варіантів локусів *ACTN1* і *FSHβ* з показниками спермопродуктивності, статевої активності з одночасним використанням частки впливу генотипу як завершального етапу встановлення генетичного потенціалу продуктивності кнурів-плідників різних порід.

References

1. Voloshchuk, V. M., Gyria, V. M., & Pohribna, N. M. (2016). Vidbir knuriv-plidnykiv riznykh henotypiv z vykorystannia Indeksiv spermproduktyvnosti i reflektornoj aktyvnosti. *Visnyk Sums'koho Natsional'noho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: «Tvarynnytstvo»*, 5 (29), 17–22 [In Ukrainian].
2. Zinovyeva, N. A. (2008). Molekulyarno-geneticheskiye metody i ikh ispol'zovaniye v svInovodstve. *Dostizheniye Nauki i Tekhniki APK*, 10, 34–36 [In Russian].
3. *Instruktsiia iz shtuchnoho osimenInnia svynei*. 2003. Kyiv: Ahrarna nauka [In Ukrainian].
4. Kazantseva, N. P., & Marinina, N. P. (2010). Kontrol'noye vyrashchivaniye i otsenka khryakov na elevere. *Sovremennyye problemy Intensifikatsii proizvodstva svInIny v stranakh SNG : sb. nauch. trudov KHVÍÍ mezhdunar. nauch.-prakt. konf. po svInovodstvu, Ul'yanovsk*, 2, 175–180 [In Russian].
5. Kopylov, K. V., & Vyshnevs'kyi, L. V. (2011). DNK-tekhnologii u seleksii tvaryn. *Henomna selektsiya u tvarynnytsvi: stan ta perspektyvy rozvytku : materialy tvorchoyi diskusiyi*. Chubyns'ke, Kyiv: Ahrarna nauka [In Ukrainian].
6. Maniatis, T., Frich, E., & Sembruk, Dzh. (1984). *Metody geneticheskoy Inzhenerii. Molekulyarnoye klonirovaniye*. Moskva: Mir [In Russian].
7. Kalashnikov, A. P. (1985). *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh*. Moskva: Agropromizdat [In Russian].
8. Pavlov, I. P. (1951). *Dvadtsatiletniy opyt obyektivnogo izucheniya vysshey nervnoy deyatelnosti (povedeniya) zhyvotnykh*. Moskva: Medgiz [In Russian].
9. PlokhInskiy, N. A. (1969). *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov*. Moskva: Kolos [In Russian].
10. Starodubets, O. O., & Bondar, A. O. (2012). Metodychni pidkhody u pryvchanni knuriv do sadky na fantom dlya efektyvnoho vykorystannya yikh pry shtuchnomu osimenInni v umovakh S-HPP "Tekhmet-Yuh" Zhovtnevoho rayonu Mykolayivs'koyi oblasti. *Zbirnyk Naukovykh Prats VNAU: Suchasni Problemy Seleksiyi, Rozvedennya ta Hihiyeny Tvaryn*, 5 (67), 169–173 [In Ukrainian].
11. Fedorov, A. V. (1986). Opredeleniye polovoy domInanty khryakav. *Zhyvotnovodstvo*, 5, 52–53 [In Russian].
12. Khlopytskyi, V. P., Narizhnyi, O. H., Zasukha, Y. V., & Hryshchenko, S. M. (2012). Osoblyvosti vykorystannya knuriv za potokovoho vyrobnytstva svynyny. *Naukovyy Visnyk Natsional'noho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannya UkrayIny. Ser.: Tekhnologiya Vyrobnnytstva i Pererobky Produktsiyi Tvarynnytsva*, 179, 39–46 [In Ukrainian].

13. Yakovlev, A. F., & Smaragdov, M. G. (2011). Znachitel'noye povysheniye tochnosti otsenki plemennoy tsennosti zhivotnykh v molochnom skotovodstve. *Zootekhnika*, 5, 2–4 [In Russian].
14. Cailu, L. (2005). *Candidate gene analysis for loci affectIng sperm quality and fertility of boar: dr. agricultural sci. diss. Bonn*, 216 p. doi: 10.1016/j.anireprosci.2005.05.023.
15. Casale, A., Camatini, M., Skalli, O., & Gabbiani, G. (1988). Characterization of actIn isoforms In ejaculated boar spermatozoa. *Gamete Research*, 20, 133–144. doi: 10.1002/mrd.1120200204.
16. Chukwuemeka O., Avis, J., & Michael E., (2005). Seasonal and genotype variations In libido, semen production and quality In artificial Insemination boars. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4, 885–888.
17. Dai, L., Zhao, Z., Zhao, R., Xiao, S., Jiang, H., Yue, X., Li, X., Gao, Y., Liu, J., & Zhang J. (2009). Effects of novel single nucleotide polymorphisms of the FSH beta subunit gene on semen quality and fertility In bulls. *Animal Reproduction Science*, 114 (1–3), 14–22 doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.08.021.
18. Marques, D. B. D., Bastiaansen, J. W. M., Broekhuijse, M. L. W. J., Lopes, M. S., Knol, E. F., Harlizius, B., Guimarães, S. E. F., Silva, F. F. & Lopes, P. S. (2018). Weighted single-step GWAS and gene network analysis reveal new candidate genes for semen traits In pigs. *Genetics Selection Evolution*, 50 (1). doi: 10.1186/s12711-018-0412-z.
19. Fan, B., Onteru, S. K., Nikkilä, M. T., Stalder, K. J., & Rothschild, M. F. (2009). Identification of genetic markers associated with fatness and leg weakness traits In the pig. *Animal Genetics*, 40 (6), 967–970. doi: 10.1111/j.1365-2052.2009.01932.x.
20. Frangež, R., Gider, T., & Kosec, M. (2005). Frequency of Boar Ejaculate Collection and its Influence on Semen Quality, Pregnancy Rate and Litter Size. *Acta Veterinaria Brno*, 74 (2), 265–273. doi: 10.2754/avb200574020265.
21. Hemsworth, P. H., & Tilbrook, A. J. (2007). Sexual behavior of male pigs. *Hormones and Behavior*, 52, 39–44 doi: 10.1016/j.yhbeh.2007.03.013.
22. Zhu, H., Yang, H., Zhao, S., Tian, Y., & Su, Y. (2016). Associations of genetic polymorphisms with reproduction and meat quality characteristics In Chinese Hebao pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 97 (2), 183–192. doi: 10.1139/cjas-2015-0205.
23. Ishak, A. B. L., Sumantri, C., Noor, R. R., & Arifiantini, I. (2011). Identification of polymorphism of FSH beta-subunit gene as sperm quality marker In Bali cattle using pcr-rflp. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 36 (4), 221–227. doi: 10.14710/jitaa.36.4.221-227.
24. Kaewmala, K., Uddin, M. J., Cinar, M. U., Große-Bronkhaus, C., Jonas, E., Tesfaye, D., Phatsara, C., Tholen, E., Looft C., & Schellander, K. (2011). Association study and expression analysis of CD9 as candidate gene for boar sperm quality and fertility traits. *Animal Reproduction Science*, 125 (1–4), 170–179. doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.02.017.
25. Kapelański, W., Eckert, R., Jankowiak, H., Mucha, A., Bocian, M., & Grajewska, S. (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. doi: 10.2754/avb201382040369.
26. Lai, E. (2001). Application of SNP Technologies In Medicine: Lessons Learned and Future Challenges. *Genome Research*, 11 (6), 927–929. doi: 10.1101/gr.192301.
27. Levis, D. G., Ford, J. J., & Christenson, R. K. (1997). An evaluation of three methods for assessing sexual behavior In boars. *Journal of Animal Science*, 75 (2), 348. doi: 10.2527/1997.752348x.
28. Levis, D. G., & Reicks, D. L. (2005). Assessment of sexual behavior and effect of semen collection pen design and sexual stimulation of boars on behavior and sperm output—a review. *Theriogenology*, 63 (2), 630–642. doi: 10.1016/j.theriogenology.2004.09.037.
29. Li, M. D., Macdonald, G. J., Wise, T., & Ford, J. J. (1998). Positive Association between Expression of Follicle-Stimulating Hormone β and Activin β B-Subunit Genes In Boars. *Biology of Reproduction*, 59 (4), 978–982. doi: 10.1095/biolreprod59.4.978.
30. Lin, C. L., Ponsuksili, S., Tholen, E., Jennen, D. G. J., Schellander, K., & Wimmers, K. (2006). Candidate gene markers for sperm quality and fertility of boar. *Animal Reproduction Science*, 92 (3–4), 349–363. doi: 10.1016/j.anireprosci.2005.05.023.
31. Lin, C. L., Jennen, D. G., Ponsuksili, S., Tholen, E., Tesfaye, D., Schellander, K., & Wimmers, K. (2006). Haplotype analysis of beta-actIn gene for its association with sperm quality and boar fertility. *Journal Animal Breed Genetics*, 123 (6), 384–388. doi: 10.1111/j.1439-0388.2006.00622.x.
32. LInville, R. C., Pomp, D., Johnson, R. K., & Rothschild, M. F. (2001). Candidate gene analysis for loci affectIng litter size and ovulation rate In swine. *Journal of Animal Science*, 79 (1), 60. doi: 10.2527/2001.79160x.

33. Liu, J. J., Ran, X. Q., Li, S., Feng, Y., & Wang, J. F. (2009). Polymorphism In the first Intron of follicle stimulating hormone beta gene In three Chinese pig breeds and two European pig breeds. *Animal Reproduction Science*, 111 (2–4), 369–375. doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.03.004.
34. Mellink, C., Lahbib-Mansas, Y., Yerle, M., & Gellin, J. (1995). PCR amplification and physical localization of the genes for pig FSHB and LHB. *Cytogenetic and Genome Research*, 70 (3–4), 224–227. doi: 10.1159/000134039.
35. Gao, N., Chen, Y., Liu, X., Zhao, Y., Zhu, L., Liu, A., Jiang, W., Peng, X., Zhang, C., Tang, Z., Li, X., & Chen, Y. (2019). Weighted single-step GWAS identified candidate genes associated with semen traits In a Duroc boar population. *BMC Genomics*, 20 (1). doi: 10.1186/s12864-019-6164-5.
36. Savić, R., & Petrović, M. (2015). Variability In ejaculation rate and libido of boars during reproductive exploitation. *South African Journal of Animal Science*, 45 (4), 355. doi: 10.4314/sajas.v45i4.1.
37. Tremoen, N. H., Van Son, M., Andersen-Ranberg, I., Grindflek, E., Myromslien, F. D., Gaustad, A. H., & Våge, D. I. (2019). Association between single-nucleotide polymorphisms with candidate genes and fertility In Landrace and Duroc pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61 (1). doi: 10.1186/s13028-019-0493-x.
38. Wimmers, K., Lin, C. L., Tholen, E., Jennen, D. G. J., Schellander, K., & Ponsuksili S. (2005). Polymorphisms In candidate genes as markers for sperm quality and boar fertility. *International Society for Animal Genetics, Animal Genetics*, 36, 152–155. doi: 10.1111/j.1365-2052.2005.01267.
39. Xing, Y., Ren, J., Ren, D., Guo, Y., Wu, Y., & Yang, G. (2009). A whole genome scanning for quantitative trait loci on traits related to sperm quality and ejaculation In pigs. *Anim Reprod Sci.* 114, 210–218. doi: 10.1016/j.anireprosci.2008.08.008.

Стаття надійшла до редакції 28.01.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Гиря В. М., Метлицька О. І., Усачова В. Є. Мироненко О. І., Слинко В. Г. Взаємозв'язок спермопродуктивності та статевої активності кнурів-плідників різних генотипів за генами *ACTN1* і *FSHβ*. *Вісник ПДАА*. 2020. № 1. С. 130–139.

© Гиря Володимир Миколайович, Метлицька Олена Іванівна,
Усачова Валентина Євгенівна, Мироненко Олена Іванівна,
Слинко Віктор Григорович, 2020