

НАЯВНІСТЬ ПОТЕНЦІЙНОГО ЗБУДНИКА КОЛІБАКТЕРІЗУ У ПОПУЛЯЦІЇ СВИНЕЙ ЛОКАЛЬНОЇ СЕЛЕКЦІЇ УКРАЇНСЬКОЇ М'ЯСНОЇ ПОРОДИ

Г. І. СИРОВНЄВ, В. В. МИКИТЮК, О. В. ХМЕЛЬОВА

Дніпровський державний аграрно-економічний університет (Дніпро, Україна)

<https://orcid.org/0000-0003-0287-6519> – Г. І. Сировнєв

<https://orcid.org/0000-0002-1346-490X> – В. В. Микитюк

<https://orcid.org/0000-0003-0266-3716> – О. В. Хмельова

g.i.syrovnnev@gmail.com

Кожного року у світі більше 10 млн. поросят гинуть від набрякової хвороби та діареї. Дані захворювання асоційовані із адгезією ентеротоксичних *Escherichia coli* на поверхні клітин кишківника поросят і мають назву колибактеріоз. Збудник хвороби – ентеропатогенні гемолітичні штами кишкової палички роду *Eschenchia (E. coli)*. Ентеротоксичні *E. coli* O157 здатні продукувати специфічні адгезини при колибактеріозі поросят, найбільш важливу роль з яких відіграють F18 і F4 (K 88). В основі генетичної стійкості поросят до діареї лежить відсутність на поверхні клітин кишківника тварин відповідних рецепторів. Практичний інтерес для свинарства має вивчення можливості застосування у селекційному процесі поліморфізму генів рецепторів *E. Coli* F18 та F4 (*ECR F18/FUT1* та *ECR F4/MUC4*), що пов'язані із виникненням колибактеріозу у поросят. Дослідження проводили на базі племінного репродуктора свиней української м'ясної породи селекції Дніпропетровського СГІ, СТОВ «Луговське» фірми «Авіас 2000» Солонянського району Дніпропетровської області. Мікробіологічні дослідження наявності у випорожненнях тварин *E. coli* O157 проводили на кафедрі біотехнології та БЖД ДВНЗ «Українського хіміко-технологічного університету», використовуючи готове селективне середовище *Comtract Dry EC*. Визначення генотипів за генами *FUT1* та *MUC4* поросят за зразками волосяних фолікулів проводили у лабораторії генетики Полтавського НДІ свинарства та АПВ НААН методом ПЛР-ПДРФ. Проведено дослідження з виявлення ентеротоксичних *E. coli* O157 у закритій популяції свиней української м'ясної породи селекції ДСГІ. Встановлено, що у посліді 58,3% клінічно здорових свиноматок міститься *E. coli* O157, в той час як у посліді клінічно здорових поросят 5–12-денного віку частота виявлення становила 20,0%, а у поросят з ознаками діареї – 44,5%. Встановлено, що на 12 день середня маса хворих поросят була меншою на 30,45% у порівнянні із середньою масою здорових особин, а втрати серед хворих поросят при відлученні на 21 день досягають 56%. Виявлено взаємозв'язок між захворюваністю на колибактеріоз у поросят із генотипами за генами *FUT1* та *MUC4*. Досліджувана популяція свиней є неблагонадійною за колибактеріозом, тому дослідження генофонду на наявність бажаних генотипів стійкості до колибактеріозу за маркерними генами *FUT1* та *MUC4* із подальшим підбором батьківських форм для схрещування мають бути включені в програму відтворення поголів'я.

Ключові слова: колибактеріоз, *Escherichia coli*, українська м'ясна порода, свині, ген *FUT1*, ген *MUC4*

THE PRESENCE OF A POTENTIAL PATIENT OF COLIBACTERISIS IN THE POPULATION OF PIGS OF LOCAL SELECTION OF UKRAINIAN MEAT BREED

G. I. Syrovnnev, V. V. Mykytyuk, E. V. Khmeleva

Dnipro State Agrarian and Economic University (Dnipro, Ukraine)

Each year about 10 million piglets die all over the world because of oodema disease and post-weaning diarrhea. These diseases associated with the adhesion of enterotoxigenic *Escherichia coli* on the surface of pig intestinal cells are called colibacteriosis. The disease exciter is enteropathogenic hemolytic strains of *Eschenchia* (*E. coli*). The enterotoxigenic *E. coli* O157 is able to produce specific adhesins in piglet colibacteriosis, the most important role being played by F18 and F4 (K 88). The genetic resistance of piglets to diarrhea is based on the lack of appropriate receptors on the surface of the intestinal cells of animals. It is practical interest in pigs breeding to study using polymorphism of *E. coli* F18 and F4 (*ECR F18/FUT1* and *ECR F4/MUC4*) receptor genes in the selection process associated with the occurrence of colibacteriosis in piglets. The studies were appropriate on the basis of a breeder reproducer of the Ukrainian meat breed pigs of Dnipropetrovsk state agricultural institute selection at "Lugovskoye" Ltd. of firm "Avias 2000" of Solonyansky district, Dnipropetrovsk region. Microbiological studies of the presence of *E. coli* O157 in the animals faeces were performed at the Department of Biotechnology of the Ukrainian Chemical Technology University, using a ready-made selective Compact Dry EC medium. Animal genotype estimation for *FUT1* and *MUC4* genes was carried out at the genetic laboratory of the Institute of Pig Breeding and Agro Industrial Production, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, by the PCR-RFLP method. Studies have been conducted to detect enterotoxigenic *E. coli* O157 in a closed population of pigs of Ukrainian meat breed type of selection of Dnepropetrovsk state agricultural institute. 58.3% of clinically healthy sows were found to contain *E. coli* O157, while in the 5–12 days group of clinically healthy pigs the detection rate was 20.0% and in piglets with signs of diarrhea 44.5%. On 12th day the average weight of sick piglets was lower on 30.45% compared to the average weight of healthy individuals was found, and the losses among sick pigs at weaning on day 21 reached to 56%. The relationship between colibacteriosis piglets susceptibility with genotypes of *FUT1* and *MUC4* genes was identified. The studied population of pigs is unreliable for colibacteriosis, so a gene pool study for the presence of the desired colibacteriosis resistance genotypes of *FUT1* and *MUC4* marker genes, followed by selection of parental cross-breeding forms, should be included in the livestock reproduction program. Key words: colibacteriosis, *Escherichia coli*, Ukrainian meat breed, pigs, *FUT1* gene, *MUC4* gene

НАЛИЧИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВОЗБУДИТЕЛЯ КОЛИБАКТЕРИОЗА В ПОПУЛЯЦИИ СВИНЕЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИИ УКРАИНСКОЙ МЯСНОЙ ПОРОДЫ

Г. И. Сыровнев, В. В. Микитюк, Е. В. Хмелева

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет (Днепр, Украина)

Ежегодно в мире более 10 млн. поросят погибают от отечной болезни и послеоотлучной диареи. Данные заболевания, ассоциированные с адгезией энтеротоксигенными *Escherichia coli* на поверхности клеток кишечника поросят, именуется колибактериозом. Возбудитель болезни – энтеропатогенные гемолитические штаммы кишечной палочки рода *Eschenchia* (*E. coli*). Энтеротоксигенные *E. coli* O157 способны продуцировать специфические адгезины при колибактериозе поросят, наиболее важную роль из которых играют F18 и F4 (K 88). В основе генетической устойчивости поросят к диарее лежит отсутствие на поверхности клеток кишечника животных соответствующих рецепторов. Практический интерес для свиноводства имеет изучение возможности применения в селекционном процессе полиморфизма генов рецепторов *E. coli* F18 и F4 (*ECR F18/FUT1* и *ECR F4/MUC4*), связанных с возникновением колибактериоза у поросят. Исследования проводились на базе племенного репродуктора свиней украинской мясной породы селекции Днепропетровского СХИ, СООО «Луговское» фирмы «Авиас-2000» Солонянского района Днепропетровской области. Микробиологические исследования наличия в испражнениях животных *E. coli* O157 проводили на кафедре биотехнологии и БЖД ГВУЗ «Украинского химико-технологического университета», используя готовую селективную среду Compact Dry EC. Определение генотипов касательно генов *FUT1* и *MUC4* поросят по образцам волосяных фолликулов проводили в лаборатории генетики

Полтавського НІІІ свиноводства і АПП НААН методом ПЦР-ПДРФ. Проведено дослідження по виявленню ентеротоксигенних *E. coli* O157 в закритій популяції свиней української м'ясної породи селекції ДСХІ. Установлено, що в пометі 58,3% клінічно здорових свиноматок содержится *E. coli* O157, в то время как в пометі клінічно здорових поросят 5–12-денного віку частота виявлення складала 20,0%, а у поросят з ознаками діареї – 44,5%. Установлено, що на 12 день середній вага хворих поросят була менше на 30,45% порівняно з середнім вагою здорових особей, а втрати серед хворих поросят при отьємі на 21 день досягають 56%. Виявлено зв'язок між захворюваністю колибактеріозом у поросят з генотипами по генам *FUT1* і *MUC4*. Дослідження генофонду популяції свиней селекції ДСХІ на наявність бажаних генотипів стійкості до колибактеріозу по маркерним генам *FUT1* і *MUC4* з наступним підбором батьківських форм для скрещування повинні бути включені в програму виробництва поголов'я.

Ключеві слова: колибактеріоз, *Escherichia coli*, українська м'ясна порода, свині, ген *FUT1*; ген *MUC4*

Вступ. Кожного року у світі більше 10 млн. поросят гинуть від набрякової хвороби та післявідлучної діареї. Дані захворювання асоційовані із адгезією ентеротоксичних *Escherichia coli* на поверхні клітин кишківника поросят і мають назву колибактеріоз [1, 2].

Набрякова хвороба (*Morbus oedematosus*; колибактеріоз, коліінфекція, колієнтеротоксемія, колідіарея, ешерихіоз та ін.) – інфекційне, гостро перебігає захворювання поросят перших двох тижнів життя, післявідлучного і трохи старшого віку. Зазвичай хворіють поросята кращої вгодованості. Хвороба характеризується появою нервових явищ, діареєю, набряками в різних органах і тканинах, запаленням травного тракту, а також виникненням дистрофічних змін у паренхіматозних органах, частіше в печінці [1, 2, 3].

Збудник хвороби – ентеропатогенні гемолітичні штами кишкової палички роду *Escherichia (E. coli)*. Патогенність збудника даного захворювання обумовлюється можливістю продукувати специфічні адгезини – фактори прикріплення (фібрилярні антигени) до відповідних рецепторів ентероцитів тонкої кишки. Надалі виділяються токсини, що пригнічують рідинопоглинаючу діяльність епітеліальних клітин кишківника, що призводить до розвитку діареї. Із специфічних адгезинів при колибактеріозі поросят найбільш важливу роль відіграють *F18* і *F4 (K 88)*. В основі генетичної стійкості поросят до діареї лежить відсутність на поверхні клітин кишківника таких тварин відповідних рецепторів [5, 6, 7].

Джерелом збудника є хворі та перехворілі набряковою хворобою підсвинки, а також свині – бактеріоносії ентеропатогенних ешерихій. Збільшення проникності судин кишечника полегшує проникнення токсичних речовин з нього у кров, викликаючи інтоксикацію організму [1, 2].

Хвороба може протікати надгостро – від кількох годин до 2 днів, гостро – 3–4 і підгостро – 10 днів. Головними клінічними ознаками хвороби у поросят до місячного віку є підвищення температури, пригнічений стан, порушення функції травного тракту, зневоднення тіла (ексікоз), схуднення. Хвороба закінчується смертю у 30–80% випадків. Економічний збиток складається з витрат на лікування хворих тварин, специфічну профілактику хвороби, недоотримання продукції в результаті падежу поросят і подальшого зниження продуктивності (до 30%) у перехворілих тварин [3, 4].

У поросят 2–3-місячного віку розвивається серозний кон'юнктивіт, порушення діяльності нервової системи (збудження, пригнічення), підвищення температури тіла, діарея; з'являються набряки підшкірної клітковини на голові, промежин [1].

Лікування і профілактика колибактеріозу ускладнені двома основними чинниками – широким різноманіттям властивостей і множинною стійкістю збудника до різних антибактеріальних препаратів, а також недостатньою вивченістю молекулярно-генетичних структур бактерій, відповідальних за їх патогенні та імуногенні властивості [5, 6, 7].

Тому практичний інтерес для свинарства має вивчення можливості застосування у селекційному процесі поліморфізму генів рецепторів *E. coli* F18 та F4 (*ECR F18/FUT1* та *ECR F4/MUC4*), що пов'язані із виникненням колібактеріозу у поросят перших двох місяців життя і у післявідлучний період в якості маркерів для створення резистентних до даного захворювання популяції свиней [8, 9].

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводили на базі племінного репродуктора свиней української м'ясної породи селекції Дніпропетровського СГІ, СТОВ «Луговське» фірми «Авіас-2000» Солонянського району Дніпропетровської області.

Свиноматки, відібрані у дослід, мали однаковий вік – 3 опороси, відповідали вимогам класу еліта згідно діючої інструкції з бонітування свиней, були добре розвинені і знаходилися в нормальному фізіологічному стані.

Одержане від трьох клінічно здорових свиноматок потомство на 5 день після опоросу було перерозподілено між свиноматками. Сформовано одне гніздо із 10 клінічно здоровими поросятами та два гнізда по 9 поросят із проявами діареї.

Для визначення генотипів поросят за генами *FUT1* та *MUC4* використовували зразки волосяних фолікулів. Тестування ДНК проводили у лабораторії генетики Полтавського НДІ свинарства та АПВ НААН методом ПЛР-ПДРФ [16].

Відбір проб матеріалу для мікробіологічних досліджень проводили у стерильні бактеріологічні пробірки із пробками по 2–3 г із свіжих випорожнень. Пробірки з пробами поміщали у термальну сумку із холодоелементами. Мікробіологічні дослідження проводили на кафедрі біотехнології та БЖД ДВНЗ «Українського хіміко-технологічного університету».

Для визначення мікробної заселеності кишківника поросят *E. coli* використовували готове селективне середовище Compact Dry EC, що сертифіковано за ISO 9001, затверджено як експрес-метод АОАС (сертифікат № 110402) та MicroVal (сертифікат № 0806-005LR). Середовище міститься у полімерних чашках Петрі площею 20 см² та має наступний склад:

Пептон – 15,0 мг; дріжджовий екстракт – 5,0 мг; натрію хлорид – 5,0 мг; натрію дифосфат – 2,0 мг; калію нітрат – 1,0 мг; натрію піруват – 1,0 мг; натрію дезоксихолат – 0,6 мг; натрію холат – 0,4 мг; L-триптофан – 1,0 мг; Magenta-GAL – 0,3 мг; X-Glu – 0,3 мг; ксантангам – 18,4 мг; гідроксипропіл целюлоза – 1,0 мг; натрію лаурил сульфат – 0,15 мг.

Дослідження проводили, спираючись на методики, викладені в ДСТУ ISO 4832 та ДСТУ ISO 16649-2, із наступною послідовністю дій.

Перший день. Для засіву брали 1 г зразку посліду та розводили у 1:10⁶ стерильному фізіологічному розчині хлориду натрію. Розведення кожного зразку у кількості 1 мл висівали на 3 чашки кожне. Закриті чашки інкубували у термостаті впродовж 24 годин при температурі 37 °С.

Другий день. Вивчали ріст колоній на середовищі після інкубації. *E. coli* формує на цьому середовищі блакитні колонії. Зростання грам (+) бактерій повністю пригнічується.

Для зручності при підрахунку колоній, зворотна сторона чашки має розмітку (розбита на клітини 1x1 см). У разі труднощів при підрахунку за великого числа колоній, підраховували кількість колоній в одній клітинці і множили на 20 (загальне число клітин), таким чином отримували кількість на чашці.

Патогенність ешерихій зумовлена їх біологічними властивостями. Зокрема, показником патогенності ешерихій є наявність у виділених культурах адгезивного антигена та здатність до утворення ентеротоксинів.

Результати досліджень. Із проб фекалій від дванадцяти клінічно здорових свиноматок виділили від 45 до 72 колоній *E. coli* на чашку; від десяти клінічно здорових поросят віком 5–12 днів виявлено від 21 до 43 колоній ешерихій, а з проб фекалій від вісімнадцяти поросят віком 5–12 днів з ознаками діареї виявлена кількість колоній ешерихій коливалась у діапазоні 36–67 одиниць (табл. 1).

1. Наявність ентеробактерій у досліджуваних зразках

Група тварин	Кількість проб	Колоній на чашку	Кількість проб, з яких виділено <i>E. coli</i> O157, %
Клінічно здорові свиноматки	12	45–72	58,3
Поросята 5–12 днів із проявами діареї	18	36–67	44,5
Клінічно здорові поросята 5–12 днів	10	21–43	20,0

Із даних таблиці видно, що колонії *E. coli* виділили з проб від 58,3% досліджених клінічно здорових свиноматок, від 20,0% клінічно здорових поросят віком 5–12 днів та з проб фекалій від 44,5% поросят віком 5–12 днів з ознаками діареї.

У поросят із проявами діареї клінічна картина супроводжувалася набряком (5 тварин), загальним виснаженням (8 тварин), кон'юнктивітом (2 тварини). Випорожнення усіх хворих тварин рідкі з пухирцями газу.

У досліджуваній період жива маса поросят у різних групах змінювалась по-різному. У групі клінічно здорових тварин усі поросята набирали масу, в той час серед хворих поросят вона залишалася незмінною або зменшувалася (табл. 2).

При народженні і на 5 день жива маса поросят статистично не відрізнялася, хоча виявлена тенденція до збільшення середньодобових приростів у період до 5-денного віку у клінічно здорових поросят.

2. Жива вага поросят у досліджуваній період

Група тварин	Кількість поросят, (гол.)	Жива маса					
		при народженні		5 день		12 день	
		кг	C_V^0 , %	кг	C_V^5 , %	кг	C_V^{10} , %
Клінічно здорові поросята	10	1,05 ± 0,02	18,34	2,02 ± 0,05	22,87	2,89 ± 0,05*	26,35
Поросята із проявами діареї	18	1,06 ± 0,02	17,68	1,98 ± 0,05	22,95	2,01 ± 0,06*	24,60

Примітка: * $p < 0,05$

На 12 день середня маса хворих поросят була меншою на 30,45% у порівнянні із такою у здорових особин.

На момент відлучення (21 день) серед хворих тварин залишилось лише 8 поросят, усі інші загинули. У той час, як серед тварин без проявів діареї загинуло лише одне поросся, що було задавлено свиноматкою.

Виявлено певні закономірності у розподілі генотипів за генами *FUT1* та *MUC4* серед хворих та клінічно здорових тварин (табл. 3).

3. Розподіл генотипів сукупних генотипів за генами *FUT1* та *MUC4* у клінічно здорових поросят та із проявами діареї

Група тварин	Кількість поросят, (гол.)	Генотип								
		AAGG	AAGC	AACC	AGGG	AGGC	AGCC	GGGG	GGGC	GGCC
Клінічно здорові поросята	10	–	–	–	2	4	1	3	–	–
Поросята із проявами діареї	18	–	–	–	–	–	3	2	5	8

Здебільшого хворі тварини представлені чутливим до колібактеріозу генотипом GGCC (*FUT1* – GG, *MUC4* – CC), в той час як серед клінічно здорових поросят найбільшу частку складають гетерозиготні особини з генотипом AGGC (*FUT1* – GG, *MUC4* – CC). Генотипи

AAGG, AAGC та AACС у досліджуваних тварин відсутні, що пов'язано із загальною низькою концентрацією алелю А за геном *FUT1* у досліджуваній популяції.

Обговорення. Ентеропатогенні *E. coli* серотипу *O157* здатні викликати діарею у поросят підсисного періоду і після відлучення від свиноматки. За рахунок продукування факторів адгезії до поверхні клітин кишківника, фімбрій типу *F4* та *F18*, *E. coli O157* здатні швидко заселяти кишківник поросят [15, 22].

Нижча частота виявлення ентеропатогенних *E. coli O157* у клінічно здорових поросят, без ознак діареї, може свідчити про генетичну обумовленість процесу інфікування бактеріями, за рахунок наявності алелів стійкості до колібактеріозу за генами *FUT1* та *MUC4*.

Втрати поросят у групі з ознаками колібактеріозу склали близько 56%, а у цілому серед досліджуваних тварин близько 39%, що збігається із літературними даними [3, 4].

Сукупні генотипи поросят із ознаками колібактеріозу представлені на 44,4% чутливими гомозиготами (GGCC), на 44,4% – генотипами, що містять лише один бажаний алель (AGCC та GGGC) за обома досліджуваними генами, а усі інші особини даної групи представлені генотипом GGGG, що є гомозиготним чутливим за геном *FUT1* та гомозиготним стійким за геном *MUC4*.

Генотипи клінічно здорових поросят здебільшого містять по два бажаних алелі досліджуваних генів: гетерозиготний за обома генами генотип AGGC – 40%, GGGG гомозиготний чутливий за геном *FUT1* та гомозиготний стійкий за геном *MUC4* – 30%. Генотип AGGG із трьома бажаними алелями генів *FUT1* та *MUC4* склав 20% від загальної чисельності клінічно здорових поросят, в той час як генотип AGCC, що містить лише один бажаний алель, виявлено з частотою 10% (1 особина).

Дані щодо поширеності генотипів за генами *FUT1* та *MUC4*, що асоційовані с різною стійкістю до колібактеріозу, серед поросят різних груп відповідають виявленим під час розробки молекулярно-генетичної тест-системи закономірностям [17, 19].

Висновки. 1. Проведення мікробіологічних досліджень посліду свиноматок, а також поросят-сисунів на наявність *E. coli* виявило, що навіть клінічно здорові свиноматки можуть бути носіями збудника діареї у поросят.

2. Відхід поросят за підсисний період у цілому в досліді становив близько 39%, а серед групи поросят із ознаками колібактеріозу – близько 56%.

3. Розподіл генотипів за генами *FUT1* та *MUC4* серед груп клінічно здорових поросят та поросят із діареєю свідчить про наявність взаємозв'язку алельних форм генів *FUT1* і *MUC4* із схильністю поросят до захворювань, викликаних ентеропатогенними *E. coli*.

4. Дослідження генофонду популяції свиней селекції ДСПІ на наявність бажаних генотипів стійкості до колібактеріозу за маркерними генами *FUT1* та *MUC4* із подальшим підбором батьківських форм для схрещування мають бути включені у програму відтворення поголів'я.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Инфекционные болезни свиней / И. А. Болоцкий, А. К. Васильев, В. И. Семенов, С. В. Пруцаков : учеб. пособ. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2007. – 346 с.

2. Дворкин, Г. Л. Колибактериоз телят и поросят. Факторы вирулентности возбудителя, эпизоотология, диагностика, меры борьбы : обзор. ин-форм. 68.39.35 / Г. Л. Дворкин, А. А. Гутковский // Животноводство Белорус. НИИ и техн.-экон. исслед. – Минск, 1989. – 70 с.

3. Лимаренко, А. А. Болезни свиней. Справочник : учебное пособие / А. А. Лимаренко. – СПб. : Лань, 2008. – 640 с.

4. Справочник по болезням свиней / А. И. Собко, В. Ф. Романенко, Г. К. Божко, В. Д. Настенко, Е. Г. Павлов, А. И. Завирюха, Т. В. Пашов, В. А. Бортничук, Н. Ф. Ященко, Н. М. Лапшин, В. С. Шеховцов, К. П. Корж, В. Е. Чумаченко, Л. П. Окунцов, Н. Ф. Ященко, П. С. Деревянко, И. П. Деревянко, С. И. Ноздрачев, И. Н. Гладенко, О. А. Малинин, В. Д. Шуляк, Л. И. Погребняк, З. И. Пилипец ; под ред. А. И. Собко. – 2-е изд. – Киев: Урожай, 1988. – 360 с.

5. Wilson, R. A. Fimbriae and enter toxins associated with *Escherichia coli* serogroups isolated from pigs with colibacillosis / R. A. Wilson, D. H. Francis // *Am. J. Vet. Res.* – 1986. – V. 47. – P. 213–217.
6. Herman, L. Relation between colibacillosis *Escherichia coli* F18 and a polymorphism in the alpha-(1,2)–fucosyltransferase gene / L. Herman, N. Botteldoorn, S. De Smet // Second international symposium on Candidate Genes for Animal Health (C.G.A.H), Montpellier, France, August 16-18th 2002 : abstracts. – P. 1.
7. *Escherichia coli* K88 receptor expression in intestine of disease-susceptible weaned pigs / M. D. Jeyasingham, P. Butty, T. P. King, R. Begbie, D. Kelly // *Vet. Microbiol.* – 1999. – V. 68. – P. 219–234.
8. Linkage mapping of the porcine Mucin 4 gene on SSC13 and association with the *Escherichia coli* F4ac receptor gene. Pig Genome I. An Overview of Cutting–edge Genomics with Emphasis on the Pig / D. Joller, H. U. Bertschinger, E. Bürgi, C. B. Jorgensen, M. Malek, H. Jörg, S. Genini, P. Vögeli. – Parco Tecnologico Padano. – 2006. – P. 52.
9. Refined localization of the *Escherichia coli* F4ab/F4ac receptor locus on pig chromosome 13 / D. Joller, C. B. Jorgensen, H. U. Bertschinger, P. Python, I. Edfors, S. Cirera, A. L. Archibald, E. Bürgi, P. Karlskov–Mortensen, L. Andersson, M. Fredholm, P. Vögeli // *Animal Genetics.* – 2009. – V. 40(5). – P. 749–52. doi: 10.1111/j.1365-2052.2009.01881.x.
10. Refined linkage mapping of the *Escherichia coli* F4ac receptor gene on pig chromosome 13 / D. Joller, C. B. Jorgensen, H. U. Bertschinger, P. Python, I. Edfors, S. Cirera, A. L. Archibald, E. Bürgi, P. Karlskov–Mortensen, L. Andersson, M. Fredholm // *Proceeding of the 30th International Conference of Animal genetic. Brazil: abstracts.* – 2006. – P. 59.
11. Performance Tested SM : Certificate No. 110402 / The AOAC Research Institute hereby certifies that the performance of the test kit known as: Compact Dry EC manufactured by NISSUI Pharmaceutical Co., Ltd. Ueno, Taitoku Tokyo 1108736 Japan.
12. Horwitz, W. Official Method of Analysis of AOAC International. – 17th ed. – Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 2000. – 2200 pp.
13. ДСТУ ISO 4832:2015. Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахування коліформ. Метод підрахування колоній (ISO 4832:2006, IDT). – [Чинний від 2017-07-01]. – Київ : УкрНДНЦ, 2018. – V, 6 с. – (Нац. стандарт України).
14. ДСТУ ISO 16649-2:2014. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахування β -глюкуронідаза-позитивних *Escherichiacoli*. Ч. 2 : Техніка підрахування колоній за температури 44°C з використанням 5-бромо-4-хлоро-3-індоліл- β -D-глюкуроніду (ISO16649-2:2001, IDT). – [Чинний від 2015-07-01]. – 2016. – IV, 7 с. – Київ : УкрНДНЦ, 2016. – (Нац. стандарт України).
15. Dubreuil, J. D. Animal enterotoxigenic *Escherichia coli*, Eco Sal Plus / J. D. Dubreuil, R. E. Isaacson, D. M. Schifferli. – 2016 / doi: 10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016.
16. Поліморфізм локусів F18/FUT1 та F4/MUC4 у популяції свиней української м'ясної породи селекції Дніпропетровського СГІ / А. М. Сасенко, В. М. Балацький, Г. І. Сировнєв, В. Т. Сметанін // *Свинарство : міжвід. темат. наук. зб.* – Полтава, 2012. – Вип. 60. – С. 76–79.
17. Patent US 6596923 A1. Methods and compositions to identify swine genetically resistant to F18 *E. coli* associated diseases / В. Т. Bosworth, P. Vögeli. – Publ. date : Jul. 22, 2003.
18. Інструкція з бонітування свиней; Інструкція з ведення племінного обліку у свинарстві / М-во аграр. політики України, УААН, Держ. наук.-вироб. концерн "Селекція". – К.: Вид.-полігр. центр "Київський університет". – 2003. – 64 с.
19. Research on the genetic variations of alfa-1–fucosyltransferase (FUT1) gene in 26 pig breeds / X. M. Yan, J. Ren, Y. M. Guo, N. S. Dings, K. F. Chen, J. Gao, H. S. Ai, C. Y. Chen, J. W. Ma, L. S. Huang // *Yi Chuan Xue Bao* – 2003. – V. 30(9). – P. 830–834.
20. Genes specifying receptors for F18 fimbriated *Escherichia coli*, causing oedema disease and post weaning diarrhea in pigs, map to chromosome 6 / P. Vögeli, H. U. Bertschinger, M. Stamm,

C. Stricker, C. Hagger, R. Fries, J. Rapacz, G. Stranzinger // *Anim. Genet.* – 1996. – V. 27. – P. 321–328.

21. The receptor locus for *Escherichia coli* F4ab/F4ac in the pig maps distal to the MUC4–LMLN region / A. Rampoldi, M. J. Jacobsen, H. U. Bertschinger, D. Joller, E. Bürgi, P. Vögeli, L. Andersson, A. L. Archibald, M. Fredholm, C. B. Jørgensen, S. Neuenschwander // *MammGenome.* – 2011. – V. 22(1–2). – P. 122–129.

22. Differentiated attaching and effacing activities of porcine F4+ enterotoxigenic and nonenterotoxigenic *Escherichia coli* strains / N. Vijić, V. Bilić, I. Harapin, I. Vrbanac, I. Valpotić // *Period. Biol.* – 2001. – V. 102. – P. 21–27.

REFERENCES

1. Bolockij, I. A., A. K. Vasil'ev, V. I. Semencov, and S. V. Prucakov. 2007. *Infekcionnye bolezni svinej – Swine infection diseases*. Rostov-na-Donu, Feniks, 346 (in Russian).

2. Dvorkin, G. L., and A. A. Gutkovskiy. 1989. *Kolibakterioz telyat I porosyat. Faktory virulentnosti vzbuditelya, epizootologiya, diagnostika, mery bor'by – Colibacteriosis of calves and piglets. Pathogen virulence factors, epizootology, diagnosis, control measures*. Minsk, 70 (in Russian).

3. Limarenko, A. A. 2008. *Bolezni svinej. Spravochnik. – Diseases of pigs. Directory*. St.-Petersburg, Lan', 640 (in Russian).

4. Sobko, A. I., V. F. Romanenko, G. K. Bozhko, V. D. Nastenko, E. G. Pavlov, A. I. Zavirjuha, T. V. Pashov, V. A. Bortnichuk, N. F. Jashhenko, N. M. Lapshin, V. S. Shehovcov, K. P. Korzh, V. E. Chumachenko, L. P. Okuncov, N. F. Jashhenko, P. S. Derevjanko, I. P. Derevjanko, S. I. Nozdrachev, I. N. Gladenko, O. A. Malinin, V. D. Shuljak, L. I. Pogrebnyak, and Z. I. Pilipec. 1988. *Spravochnik po boleznyam svinej – Pig Disease Handbook*. Kiev, Urozhaj, 360 (in Russian).

5. Wilson, R. A., and D. H. Francis. 1986. Fimbriae and enterotoxins associated with *Escherichia coli* serogroups isolated from pigs with colibacillosis. *Am. J. Vet. Res.* 47:213–217 (in English).

6. Herman, L., N. Botteldoorn, and S. De Smet. 2002. Relation between colibacillosis *Escherichia coli* F18 and a polymorphism in the alpha-fucosyltransferase gene. *Second international symposium on Candidate Genes for Animal Health (C. G. A. H)*. Montpellier, France, August 16-18th 2002 : abstracts. 1 (in English).

7. Jeyasingham, M. D., P. Butty, T. P. King, R. Begbie, and D. Kelly. 1999. *Escherichia coli* K88 receptor expression in intestine of disease-susceptible weaned pigs. *Vet. Microbiol.* 68:219–234 (in English).

8. Joller, D., H. U. Bertschinger, E. Bürgi, C. B. Jørgensen, M. Malek, H. Jörg, S. Genini, and P. Vögeli. 2006. *Linkage mapping of the porcine Mucin 4 gene on SSC13 and association with the Escherichia coli F4ac receptor gene. Pig Genome I. An Overview of Cutting-edge Genomics with Emphasis on the Pig*. Parco Tecnologico Padano: 52 (in English).

9. Joller, D., C. B. Jørgensen, H. U. Bertschinger, P. Python, I. Edfors, S. Cirera, A. L. Archibald, E. Bürgi, P. Karlskov–Mortensen, L. Andersson, M. Fredholm, and P. Vögeli. 2009. Refined localization of the *Escherichia coli* F4ab/F4ac receptor locus on pig chromosome 13. *Animal Genetics*. 40(5):749–52. doi: 10.1111/j.1365-2052.2009.01881.x (in English).

10. Joller, D., C. B. Jørgensen, H. U. Bertschinger, P. Python, I. Edfors, S. Cirera, A. L. Archibald, E. Bürgi, P. Karlskov–Mortensen, L. Andersson, and M. Fredholm. 2006. Refined linkage mapping of the *Escherichia coli* F4ac receptor gene on pig chromosome 13. *Proceeding of the 30th International Conference of Animal genetic*. Brazil: abstracts. 59 (in English).

11. *Performance Tested SM : Certificate No. 110402*. The AOAC Research Institute hereby certifies that the performance of the test kit known as: Compact Dry EC manufactured by NISSUI Pharmaceutical Co., Ltd. Ueno, Taitoku Tokyo 1108736 Japan (in English).

12. Horwitz, W. 2000. Official Method of Analysis of AOAC. *International, 17th ed. AOAC International*. Gaithersburg, Maryland, 2200 (in English).

13. DSTU ISO 4832. 2018. *Mikrobiologiya harchovih produktiv ta kormiv dlya tvarin. Gorizontaľnij metod pidrahuvannya koliform. Metod pidrahuvannya kolonij – Microbiology of food and animal feed. Horizontal method of counting coliforms. The method of counting colonies. ISO 4832:2006* (in Ukrainian).
14. DSTU ISO 16649-2. 2016. *Mikrobiologiya harchovih produktiv i kormiv dlya tvarin. Gorizontaľnij metod pidrahuvannya β -glyukuronidaza-pozitivnih Escherichia coli. Castina 2. Tekhnika pidrahuvannya kolonij za teperaturi 44°C z vikoristannyam 5-bromo-4-hloro-3-indolil- β -D-glyukuronidu – Microbiology of food and animal feed. Horizontal method of counting β -glucuronidase-positive Escherichia coli. Part 2: Technique for counting colonies at a temperature of 44°C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronide. ISO 16649-2:2001* (in Ukrainian).
15. Dubreuil, J. D., R. E. Isaacson, and D. M. Schifferli. 2016. Animal enterotoxigenic Escherichia coli. *EcoSalPlus*. doi: 10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016 (in English).
16. Saenko, A. M., V. M. Balatskij, G. I. Syrovnev, and V. T. Smetanin. 2012. Polimorfizm lokusiv FUT1 ta MUC4 u populyaciyi svinej ukrains'koy myasnoy porodi selekciyi Dnipropetrovskogo SGI – Polymorphism of FUT1 and MUC4 loci in population of Ukrainian meat breed pigs selected at Dnepropetrovsk agricultural Institute. *Svinarstvo – Pig breeding*. 60:76–79 (in Ukrainian).
17. Bosworth, B. T., and P. Vögeli. 2003. *Patent US 6596923 A1. Methods and compositions to identify swine genetically resistant to F18 E. coli associated diseases*. Publ. date: Jul. 22 (in English).
18. *Instrukciya z bonituvannya svinej; Instrukciya z vedennya pleminnogo obliku u svinarstvi – Instructions for bonding pigs. Instructions from the tribal region in pigs*. 2003. Kyiv, Minagropolitiki Ukrainy. 64 (in Ukrainian).
19. Yan, X. M., J. Ren, Y. M. Guo, N. S. Dings, K. F. Chen, J. Gao, H. S. Ai, C. Y. Chen, J. W. Ma, and L. S. Huang. 2003. Research on the genetic variations of alfa-1-fucosyltransferase (FUT1) gene in 26 pig breeds. *Yi Chuan Xue Bao*. 30(9):830–834 (in English).
20. Vögeli, P., H. U. Bertschinger, M. Stamm, C. Stricker, C. Hagger, R. Fries, J. Rapacz, and G. Stranzinger. 1996. Genes specifying receptors for F18 fimbriated Escherichia coli, causing oedema disease and postweaning diarrhea in pigs, map to chromosome 6. *Anim. Genet*. 27:321–328 (in English).
21. Rampoldi, A., M. J. Jacobsen, H. U. Bertschinger, D. Joller, E. Bürgi, P. Vögeli, L. Andersson, A. L. Archibald, M. Fredholm, C. B. Jørgensen, and S. Neuenschwander. 2011. The receptor locus for Escherichia coli F4ab/F4ac in the pig maps distal to the MUC4–LMLN region. *Mamm Genome*. 22(1–2):122–129 (in English).
22. Vijić, N., V. Bilić, I. Harapin, I. Vrbanac, and I. Valpotić. 2001. Differentiated attaching and effacing activities of porcine F4+ enterotoxigenic and nonenterotoxigenic Escherichia coli strains. *Period. Biol*. 102:21–27 (in English).

Одержано редколегією 20.04.2020 р.

Прийнято до друку 30.04.2020 р.