

УДК 575.4

ВИДОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЦИТОГЕНЕТИЧНОЇ МІНЛИВОСТІ *SUS SCROFA*

С. О. Костенко¹, М. В. Драгулян², П. П. Джус³

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12-Б, корп.7-А, 03041, Україна, swetakostenko@mail.ru

²Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, м. Київ-143, вул. Академіка Заболотного 150, 03680 Україна, Parus_mayor@ukr.net

³Інститут розведення і генетики тварин НААН України, Київська обл., Бориспільський р-н, с. Чубинське, вул. Погребняка, 1, 08321, Cvic_ua@mail.ru

*Моніторинг каріотипової мінливості свині свійської продовжує виявляти особин-носіїв конститутивних цитогенетичних порушень, основну частину з яких складають реципрокні транслокації. Проаналізовані індивідуальні особливості мінливості різних хромосом виду *Sus scrofa* з точки зору їх довжини, участі в цитогенетичних порушеннях, вмісту генів та QTL.*

Аналіз каріотипової мінливості популяцій свині свійської, які відтворюються в різних радіоекологічних умовах, свідчить, що цитогенетичні параметри свиней коливаються в наступному діапазоні: частота клітин з мікроядрами — від $1,3 \pm 0,3$ до $7,13 \pm 0,82$ %, двоядерних — від $0,72 \pm 0,27$ до $5,2 \pm 0,3$ %, мітотичного індексу — від $1,5 \pm 0,53$ до $10,4 \pm 0,4$ %. Частота метафаз з анеуплоїдією — від $4,50 \pm 0,98$ до $18,55 \pm 3,39$ %, з асинхронністю розщеплення центромірних

районів хроматид — від $1,34 \pm 0,02$ до $6,23 \pm 0,05$ %, з поліплоїдією — від $0,3 \pm 0,21$ до $1,73 \pm 0,63$ %, із хромосомними абераціями — від 0 до $5,69 \pm 0,12$ %.

Виявлено, що в умовах впливу низькодозового іонізуючого опромінення спостерігається підвищена частота клітин із мікроядрами, метафаз з анеуплоїдією, асинхронним розщепленням центромірних районів хромосом, дицентричних і кільцевих хромосом.

Ключові слова: СВИНЯ СВІЙСЬКА, РЕЦИПРОКНІ ТРАНСЛОКАЦІЇ, МІКРОЯДРА, АНЕУПЛОЇДІЯ, ПОЛІПЛОЇДІЯ, ХРОМОСОМНІ АБЕРАЦІЇ, ІОНІЗУЮЧЕ ОПРОМІНЕННЯ

SUS SCROFA SPECIES PARTICULARLY CYTOGENETIC VARIABILITY

S. O. Kostenko¹, M. V. Dragulyan², P. P. Dzhus³

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, str. Heroyv Oborony, 12-B, korp.7-A, 03041, Ukraine, swetakostenko@mail.ru

²Institute of Molecular Biology and Genetics, NAS of Ukraine, Kyiv-143, st. Academician Zabolotny 150, 03680 Ukraine, Parus_mayor@ukr.net

³Institute of Animal Breeding and Genetics NAAS of Ukraine, Kiev region., Boryspil district, s.Chubynske str. Pogrebnyak, 1, 08321, Cvic_ua@mail.ru

*Monitoring of pig home karyotypic variability continues detect constitutive cytogenetic damage carriers, most of whom are reciprocal translocations. Analyzed the variability of different chromosomes in terms of their length, contents of genes and QTL and participation in cytogenetic damage. Analysis of *Sus scrofa* population karyotypic variability, which are reproduced in*

different radioecological conditions, indicates that the cytogenetic parameters of pigs somatic mutagenesis ranges are: the frequency of cells with micronuclei — from $1,3 \pm 0,3$ to $7,13 \pm 0,82$ %, binucleate — $0,72 \pm 0,27$ to $5,2 \pm 0,3$ %, mitotic index — from $1,5 \pm 0,53$ to $10,4 \pm 0,4$ %. The frequency of metaphases with aneuploidy — from $4,50 \pm 0,98$ to $18,55 \pm 3,39$ %, asynchronous splitting

chromatid centromere regions — from 1,34±0,02 to 6,23±0,05 %, with polyploidy — from 0,3±0,21 to 1,73±0,63 %, with chromosomal aberrations — from 0 to 5,69±0,12 %. Under the influence of low-dose ionizing radiation, there is increased frequency of cells with micronuclei, aneuploidy metaphases, asynchronous cleavage of centromeric regions of chromosomes, dicentric and ring chromosomes.

Key words: CYTOGENETIC MARKERS, THE PIG HOME, ANEUPLOIDY, POLYPLOIDY, MICRONUCLEI, CHROMOSOMAL ABERRATIONS, IONIZING IRRADIATION, *SUS SCROFA*

ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ *SUS SCROFA*

С. А. Костенко¹, М. В. Драгулян², П. П. Джус³

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, ул. Героев Оборона, 12-Б, корп.7-А, 03041, Украина, swetakostenko@mail.ru

²Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины, г. Киев-143, ул. Академика Заболотного 150, 03680 Украина, Parus_mayor@ukr.net

³Институт разведения и генетики животных НААН Украины, Киевская обл., Бориспольский р-н, с.Чубинське, ул. Погребняка, 1, 08321, Украина, Cvic_ua@mail.ru

Мониторинг кариотипической изменчивости свиньи домашней продолжает выявлять особей-носителей конститутивных цитогенетических нарушений, основную часть которых составляют реципрокные транслокации. Проанализированы индивидуальные особенности изменчивости разных хромосом вида с точки зрения их длины, участия в цитогенетических нарушениях, содержания генов и QTL.

*Анализ кариотипической изменчивости популяций *Sus scrofa*, которые воспроизводятся в разных радиоэкологических условиях свидетельствует, что цитогенетические параметры соматического мутагенеза свиней колеблются в следующем диапазоне: частота клеток с микроядрами — от 1,3±0,3 до 7,13±0,82 %, двудерных — 0,72±0,27 до 5,2±0,3 %, митотического индекса — от 1,5±0,53 до 10,4±0,4 %. Частота метафаз с анулоидией — от 4,50±0,98 до 18,55±3,39 %, с асинхронностью расщепления центромерных районов хроматид — от 1,34±0,02 до 6,23± 0,05 %, с полиплоидией — от 0,3±0,21 до 1,73±0,63 %, с хромосомными абберациями — от 0 до 5,69±0,12 %.*

Виявлено, что в условиях влияния низкодозового ионизирующего облучения наблюдается повышенная частота клеток с микроядрами, метафаз з анулоидией, асинхронным расщеплением центромерных

районов хромосом, дицентрических и кольцевых хромосом.

Ключевые слова: ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ, СВИНЬЯ ДОМАШНЯЯ, АНЕУПЛОИДИЯ, ПОЛИПЛОИДИЯ, ПОРОДЫ, МИКРОЯДРА, ХРОМОСОМНЫЕ АБЕРРАЦИИ, ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ, *SUS SCROFA*

Перші дослідження кариотипу свині свійської датуються початком минулого століття (*Wodsedalek, 1913*) [1, 2]. Опис транслокацій у свиней започатковано у 1964 році під час дослідження їх сперматогенезу [3]. З того часу у цього виду виявили більше 130 різних хромосомних перебудов [4, 5], серед яких найчастіше зустрічаються реципрокні транслокації [6, 7]. Такі особливості біології виду *Sus scrofa* як багатоплідність, короткий генераційний інтервал та подібність до *Homo sapiens*, роблять її цінним модельним організмом для виявлення віддалених наслідків хронічного впливу іонізуючого опромінення на ссавців. Цитогенетичний аналіз соматичного мутагенезу свиней на

територіях з підвищеним рівнем іонізуючого опромінення дає можливість виявлення його хронічного впливу на тварин за контрольованих умов утримання. Оскільки її дикі предки присутні у світі, *Sus scrofa* дає унікальну можливість для відстеження історії еволюції ссавців і визначення шляхів відбору в результаті як одомашнювання, так і природного добору. Вид характеризується значною цитогенетичною мінливістю, пов'язаною з життєздатністю носіїв хромосомних перебудов та унікально високою частотою їх появи (0,4 % молодих кнурців є носіями реципрокних транслокацій [2, 5]).

Однак, закономірності появи цитогенетичних порушень у *Sus scrofa* та прояву до цього часу залишаються малодослідженими, тому метою статті було виявлення видоспецифічності дестабілізації каріотипу свині свійської за різних радіоекологічних умов утримання.

Матеріали і методи

У роботі використані результати власних цитогенетичних досліджень, які були опубліковані раніше, та дані інших авторів стосовно показників цитогенетичної мінливості *Sus scrofa*. Було досліджено 120 свиноматок великої білої, великої чорної, уельської та української м'ясної порід. Забір крові свиней породи велика біла проводився у свинокомплексах Черкаської (СВК «Розсішське» с. Розсішки (n=7), ДСПГ «Христинівське» УААН (n=4)) Київської обл. ВАТ «Антонов» с. Круглик (n=11), ВАТ «Маки» (n=6), с. Яблунівка (м'ясокомбінат) (n=10) ТОВ Агрікор Холдинг (15 гол.) та свиней вітчизняної селекції ДДАУ м'ясного типу великої білої породи ТОВ «Луговське» Дніпропетровської обл. Солонянського р-ну, с. Александропіль (n=12). Аналізували племінних тварин великої чорної (15 гол) господарства ПСП «Дзвеняче» Київської обл., свиноматок уельської (n=42)

та української м'ясної (n=25) порід ДПДГ «Гонтарівка» Харківської обл. Вовчанського р-ну. Всі досліджені тварини утримувались в умовах, які відповідають ветеринарно-санітарним нормам. Цитогенетичні препарати готували згідно з традиційною методикою [8].

Дослідження впливу хронічного низькодозового іонізуючого опромінення на цитогенетичну мінливість соматичних клітин свині свійської проводили на тваринах, яких утримують в господарствах Іванківського р-ну Київської обл. За офіційними даними Міністерства надзвичайних ситуацій України ця територія відноситься до зони добровільного відселення та зони посиленого радіоекологічного контролю. Щільність забруднення цезієм-137 становить 1,08–5 Кі/км², стронцієм-90 — 0,27–1,08 Кі/км², ізотопами плутонію — 0,01–0,054 Кі/км² (*Атлас. Україна. Радіоактивне забруднення, 2011*). За даними Державної служби ветеринарної медицини Іванківського р-ну радіаційний фон території розміщення господарств з утримання тварин, досліджених видів (ТОВ «Шпилі», фермерське господарство с. Фрузенівка, СГВК ім. Мічуріна) становить 75–96 мкРн/год. Усереднена поглинена доза — 0,5–1,0 Гр за рік.

Під час аналізу метафазних пластинок (рис. 1) враховували кількісні порушення хромосом (анеуплоїдію (А) та поліплоїдію (ПП)), а також клітини із асинхронним розщепленням центромірних районів хромосом (рис. 2, АРЦРХ), структурні аберації — розриви хромосом (рис. 3, ХР) і хроматид (ХМ), дицентричні хромосоми (ДЦ), кільцеві хромосоми з розрахунку на 100 проаналізованих метафаз. На тих самих цитогенетичних препаратах виявляли двоядерні лімфоцити (ДЯ), одноядерні лімфоцити з мікроядрами (МЯ), мітотичний індекс (МІ) з розрахунком на 1000 клітин, досліджуючи у кожній тварини не менше 3000 клітин.



Рис. 1. Метафазна пластинка свиноматки (норма $2n=38$)

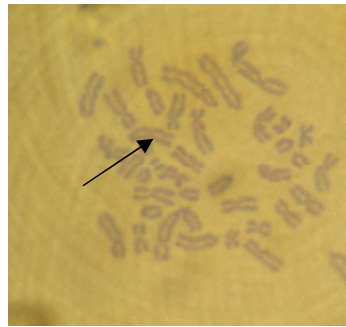


Рис. 2. Метафазна пластинка свиноматки з асинхронним розщепленням центромірних районів хроматид

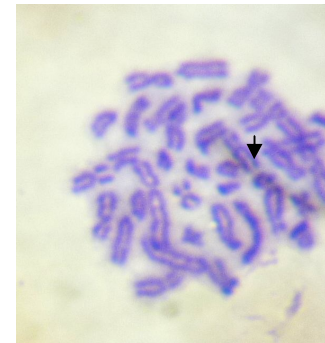


Рис. 3. Прицентромірний хроматидний розрив (метафазна пластинка свиноматки СТЗОВ «Дружба»)

Результати й обговорення

На основі даних, описаних в літературі [2–7] та розміщених у базі даних псбі [9], було проаналізовано характерні особливості індивідуальних хромосом (кількість транслокацій, число QTL, генів,

довжина для кожної з хромосом, рис. 4–7). Кореляційний аналіз між цими показниками для кожної хромосоми свідчить про наявність прямого зв'язку між числом транслокацій і розміром хромосом ($r=0,73$), між числом транслокацій і QTL ($r=0,62$), між числом транслокацій і кількістю генів на хромосомі ($r=0,58$).

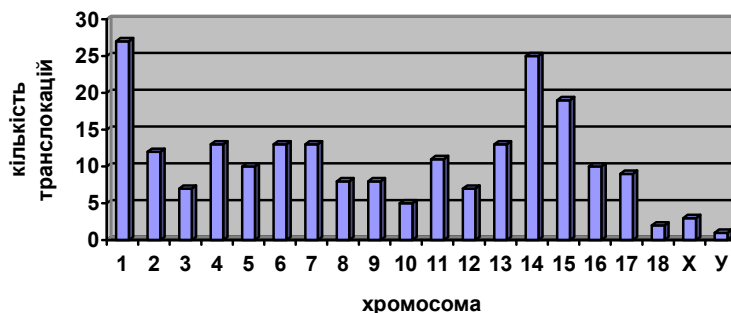


Рис. 4. Кількість реципрокних транслокацій, виявлених для кожної хромосоми *Sus scrofa*

Аналіз описаних даних свідчить, що найчастіше у реципрокні транслокації залучаються хромосоми 1, 14, 15. Для кожної з цих хромосом зафіксовано більше 15 випадків їх участі в реципрокних транслокаціях. Середню групу участі в цих транслокаціях складають 2, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 16 хромосоми, для яких виявлено від 10 до 14 таких випадків. Найменша частота залучення до реципрокних транслокацій

характерна для найдрібнішої аутосоми (18) та статевих X (3) та Y (1) хромосом.

Слід зазначити також, що мова йде про цитогенетичні порушення, які були сумісні з життям тварин. Частина з цих транслокацій призводила до зменшення фертильності (табл. 1). За підрахунками Ducos A. (2008) вартість проведення скринінгових цитогенетичних програм набагато дешевше, ніж використання кнурів-носіїв транслокацій. Звичайно, приймаючи

до уваги 1/200 частку реципрокних транлокацій у цього виду, вартість детекції одного випадку порушення обходиться 12000 євро (200х60, якщо каріотипування однієї тварини коштує 60 євро). У порівнянні, вартість використання кнур-носія транслокації в центрі штучного осіменіння — 20000 євро. Дійсно, кнур-носій транслокації може бути виявлений щонайменше після 4 місяців використання. Протягом цього періоду він дає щонайменше 160 гнізд нащадків (40 на місяць). Всього кількість поросят на кінець 4

місяців буде менша на 640 (160х4). Якщо втрата одного поросяти — 30 євро, заводчик недоотримає 30х640=19200 євро. Таким чином, витрати на каріотипування кнурів цілком виправдані (кожного року в Данії діагностують біля 1000 молодих кнурців, у Франції — 2500). В Україні, не зважаючи на наявність закону про племінну справу, племінний молодняк залишається недослідженим на носійство конститутивних цитогенетичних порушень.

Таблиця 1

Вплив реципрокних транслокацій на розмір гнізда у свині свійської

Реципрокна транслокація	Середній розмір гнізда	Посилання
(7q-;12q+)	7,9	[10]
(7;15)(q24;q26)	5,2	[11]
(2;9;14)(q23;q22;q25)	3,3	[11]
(1p+; 15q-)	7,1	[12]
(8;10)(p11, q13)	9,0	[13]
(1p-;11q+)	7,8	[12]

Не дивлячись на те, що довжина хромосоми 1 майже в 2 рази більша за кількістю пар нуклеотидів, ніж хромосома 2, число виявлених генів на хромосомі 2 більше. У той же час число QTL на хромосомі 1 суттєво переважає їх кількість на хромосомі 2. Звичайно, ще рано

говорити про остаточне розшифрування геному свині з точки зору його функційної активності. Однак, можна припустити те, що хромосома 1, яка найчастіше залучається до реципрокних транлокацій, відіграє важливу роль в еволюції виду *Sus scrofa*, в тому числі селекції, до якої безпосередньо причетні QTL.

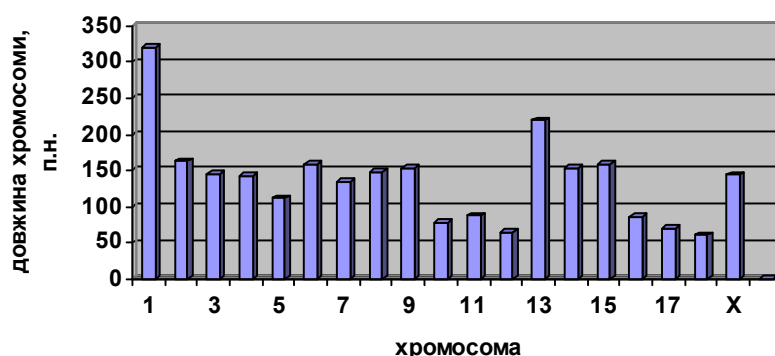


Рис. 5. Довжини різних хромосом свині свійської (в парах нуклеотидів)

Акроцентричні хромосоми свиней характеризуються високою варіабельністю районів структурного гетерохроматину. Поліморфізм районів прицентромірного С-гетерохроматину хромосом 13, 15, 16 та 18 обумовлює структурну гетерогенність гомологічних хромосом [14].

Було показано, що сателітна ДНК центромерного гетерохроматину акроцентричних хромосом свині свійської відрізняється від мета- та субметацентричних [15]. Таким чином, участь аероцентричних хромосом у перебудовах може бути обумовлена структурою їх центромерного гетерохроматину.

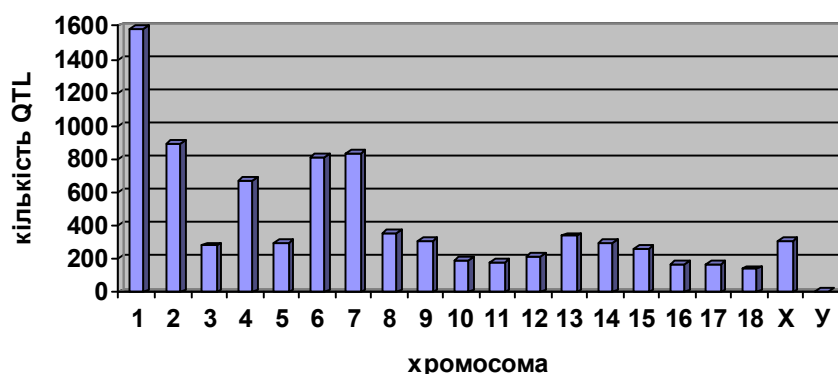


Рис. 6. Кількість відомих QTL для кожної хромосоми свині свійської

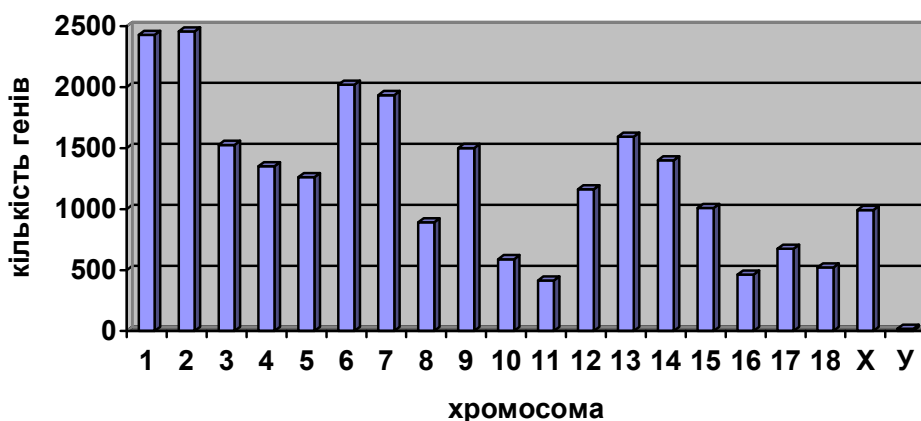


Рис. 7. Кількість генів для кожної хромосоми свині свійської

Незважаючи на значний період часу, що пройшов після аварії на ЧАЕС, багато питань, що стосуються впливу хронічного низькодозового опромінення на свавців залишаються відкритими. Домашні свині є вдалим об'єктом для дослідження завдяки багатоплідності, гарній вивченості та можливості контролю умов утримання. У зв'язку з біологічною подібністю виду *Sus scrofa* до *Homo sapiens*, отримані

результати можуть бути використані для прогнозу наслідків низькодозового опромінення для популяцій людей.

У наших попередніх дослідженнях було виявлено, що для великої білої породи в контрольних умовах утримання частота клітин з мікроядрами коливається від $1,3 \pm 0,3$ ‰ (СВК «Розсішське») до $4,2 \pm 0,1$ ‰ (ВАТ «Антонов»). Для великої чорної породи було

характерно $1,00 \pm 0,31$ ‰ (ПСП «Дзвеняче»), уельської — $4,66 \pm 0,19$ ‰, української м'ясої — $3,86$ ‰ МЯ. Частота двоядерних клітин коливалась від $0,72 \pm 0,27$ ‰ (ТОВ Агрікор Холдинг) до $5,2 \pm 0,3$ (ВАТ «Маки»), мітотичного індексу — від $1,5 \pm 0,53$ ‰ (ТОВ Агрікор Холдинг) до $10,4 \pm 0,4$ ‰ (ДСПГ «Христинівське» УААН). Показники цитогенетичної мінливості тварин в різних регіонах утримання представлені у таблиці 2.

Дані, представлені у таблиці 2, свідчать про те, що тварини, яких утримують в умовах фонового рівня опромінення, характеризуються частотою клітин з МЯ,

характерною для контрольних показників ссавців [16]. Найвищий рівень лімфоцитів з МЯ був характерний для тварин, що відтворюються в умовах підвищеного іонізуючого опромінення (4 група) — $7,13$ ‰ ($P > 0,999$). Отриманий показник перевищує верхню межу параметрів умовного контролю клітин з МЯ для ссавців ($5,6$ ‰) [16]. Рівень індивідуальної мінливості тварин склав $4,0 \pm 0,57$ – $10,0 \pm 0,57$ ‰, що може свідчити про різну чутливість досліджених тварин до хронічного низькодозового опромінення.

Таблиця 2

Показники цитогенетичної мінливості соматичних клітин великої білої породи *Sus scrofa* у різних регіонах утримання

Група	Регіон утримання	Кількість тварин	МЯ, ‰	ДЯ, ‰	АП, ‰
1.	Волинська обл.	10	$2,12 \pm 0,30^{***}$	$0,49 \pm 0,11^{***}$	$1,89 \pm 0,40$
2.	Чернігівська обл.	10	$1,97 \pm 0,14^{***}$	$0,33 \pm 0,11^{***}$	$2,11 \pm 0,11$
3.	Дніпропетровська обл.	10	$2,5 \pm 0,29^{***}$	$1,53 \pm 0,14^{***}$	$1,77 \pm 0,16$
4.	Іванківський р-н Київська обл.	15	$7,13 \pm 0,82^{***}$	$2,07 \pm 0,33^{***}$	$1,4 \pm 0,81$

Примітка: *** — при $p < 0,001$ (по частоті МЯ між 1 і 4, 2 і 4, 3 і 4 групами; по часті ДЯ — між 1 і 4, 2 і 4, 1 і 3, 2 і 3 групами)

Заданими Hasanbasic Danica и Rukavina Dunja у свиней при гострому опроміненні дозами 1–2 Гр спостерігається підвищення частоти мікроядер у лімфоцитах периферичної крові у порівнянні з неопромінених тваринами. Слід зазначити, що в контролі цих досліджень кількість клітин з МЯ склала $5,8$ ‰. При опроміненні дозою в 1 Гр у свиней було $35,8$ ‰ клітин з МЯ, дозою в 2 Гр — $69,2$ ‰. Збільшення дози опромінення до 3 Гр призвело до зростання

частоти клітин з МЯ до $76,2$ ‰. Відсутність лінійної залежності між дозою опромінення і виходом МЯ автори пояснили насиченням клітин опроміненого організму хромосомними порушеннями при збільшенні дози опромінення і, відповідно, асоціаціями різних порушень між собою [17]. Результати виконаного цитогенетичного аналізу метафазних пластинок свиней, яких утримують в різних радіоекологічних умовах, представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати цитогенетичного аналізу метафазних пластинок свиноматок (%)

Регіон утримання	АІ	ПП	АРЦРХ	ХА	ДЦ	Кільцеві хромосоми
Київська обл., Іванківський р-н	$18,55 \pm 3,39^{***}$	$0,93 \pm 0,55$	$6,23 \pm 0,05$	$5,69 \pm 0,12^*$	$0,55 \pm 0,24$	$0,47 \pm 0,14$
Дніпропетровська обл.	$4,52 \pm 0,03^{***}$	-	$1,34 \pm 0,02$	-	-	-
Волинська обл.	$4,50 \pm 0,98^{***}$	$1,73 \pm 0,63$	$2,85 \pm 0,76$	$3,31 \pm 0,98^*$	-	-

Примітка: *** — при $P > 0,999$; * — при $P > 0,95$

Згідно з даними таблиці 3, у свиноматок, які утримуються на території з

підвищеним радіаційним фоном, спостерігається статистично достовірне

підвищення частоти анеуплоїдних метафаз і клітин з хромосомними абераціями, переважну частину з яких склали хроматидні розриви. У тварин, що утримуються в умовах хронічного низькодозового опромінення, були також виявлені метафазні пластинки з дицентричними і кільцевими хромосомами, які є цитогенетичними маркерами впливу іонізуючої радіації. Дані контрольних груп відповідали цитогенетичним показникам, отриманими іншими дослідниками [18–21]. За даними Осіпової Н. А. хімічне забруднення в екологічно неблагополучній зоні Західного Сибіру також призводить до достовірного підвищення частоти розривів

хромосом і гіпоплоїдії у свиноматок. У поросят вона виявила підвищення частоти поліплоїдних та гіпоплоїдних клітин, а також асоціацій акроцентричних хромосом [21].

Кореляційний аналіз отриманих даних свідчить про те, що між анеуплоїдією і мікроядрами існує пряма залежність, яка зростає за впливу хронічного низькодозового опромінення. Якщо у свиноматок, що містяться в Дніпропетровській обл., коефіцієнт кореляції був 0,662 ($P > 0,99$), то в Іванківському р-ні Київської обл. — 0,962 ($P > 0,999$). Показники продуктивності досліджених тварин представлені у таблиці 4.

Таблиця 4

Показники продуктивності свиноматок при першому опоросі

Регіон	Багатоплідність, гол.	Поросят при відлученні, гол.	Збереженість, %	Аварійних опоросів, %
Київська обл., Іванківський р-н	10,75±0,386	8,63±0,430	80,63±3,026	8,33±0,260
Дніпропетровська обл.	11,75±0,81	8,9±0,57	89,25±0,68	3,33±0,2

У свиноматок, яких утримують в умовах хронічного низькодозового опромінення, виявлені менші показники багатоплідності і збереженості поросят. Більш високий відсоток аварійних опоросів у тварин, які відтворюються на радіаційно неблагополучних територіях, а також супутня йому підвищена частота анеуплоїдних клітин може свідчити про те, що хронічне низькодозове опромінення призводить до втрат потомства внаслідок анеуплоїдії. На користь цього припущення говорить наявність кореляції ($r = -0,75$) між частотою анеуплоїдних клітин і багатоплідністю, а також даних про те, що у тварин з підвищеною частотою анеуплоїдії спостерігається збільшення відсотка мертвонароджених поросят [22].

Висновки

Моніторинг каріотипової мінливості свині свійської продовжує виявляти особин-носіїв конститутивних цитогенетичних порушень, основну частину з яких складають

реципрокні транслокації. Проаналізовані індивідуальні особливості мінливості різних хромосом виду з точки зору їх участі в цитогенетичних порушеннях, вмісту генів, QTL та довжини.

Аналіз каріотипової мінливості популяції свині свійської, які відтворюються в різних радіоекологічних умовах, свідчить, що цитогенетичні параметри свиней коливаються в наступному діапазоні: частота клітин з мікроядрами — від 1,3±0,3 до 7,13±0,82 %, двоядерних — від 0,72±0,27 до 5,2±0,3 %, мітотичного індексу — від 1,5±0,53 до 10,4±0,4 %. Частота метафаз з анеуполоїдією — від 4,50±0,98 до 18,55±3,39 %, з асинхронністю розщеплення центромірних районів хроматид — від 1,34±0,02 до 6,23±0,05 %, з поліплоїдією — від 0,3±0,21 до 1,73±0,63 %, із хромосомними абераціями — від 0 до 5,69±0,12 %.

Виявлено, що в умовах впливу низькодозового іонізуючого опромінення спостерігається підвищена частота клітин із

мікроядрами, метафаз з анеуплодією, асинхронним розщепленням центромірних районів хромосом, дицентричних і кільцевих хромосом.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу низькодозового іонізуючого опромінення на сапермопродуктивність і відтворувальні якості тварин.

1. Wodsedalek J. E. Spermatogenesis of the pig with special reference to the accessory chromosomes. *Biol. Bull*, 1913, no. 25, pp. 8–32.

2. Ducos A., Pinton A., Berland H.-M., Seguela A., Blanc M.-F., Darre A., Darr R. Five new cases of reciprocal translocation in the domestic pig. *Hereditas*, 1998, no 128, pp. 221–229.

3. Henricson B., Bäckström L. Translocation heterozygosity in a boar. *Hereditas*, 1964, no 52, pp. 166–170.

4. Chowdhary B. P. Cytogenetics and physical chromosome maps, in: Rothschild M.F., Ruvinsky A. (Eds.), *The Genetics of the Pig*, CAB, Oxon, 1998. pp. 199–264.

5. Ducos A., Pinton A., Berland H. M., Séguéla A., Brun-Baronnat C., Bonnet N., Darré R. Contrôle chromosomique des populations porcines en France: bilan de 5 années d'activité. *Journées Rech. Porcine France*, 5–7 February 2002, no 34, Institut technique du porc, Paris, pp. 269–275.

6. Ducos A., Revay T., Kovacs A., Hidas A., Pinton A., Bonnet-Garnier A., Molteni L., Slota E., Switonski M., Arruga M. V., van Haeringen W. A., Nicolae I., Chaves R., Guedes-Pinto H., Andersson M., Iannuzzi L. Cytogenetic screening of livestock populations in Europe: an overview. *Cytogenet Genome Res*, 2008, no 120, pp. 26–41.

7. Ducos A., Berland H. M., Pinton A., Seguela A., Blanc M. F., Darre A., Sans P. and Darre R. Les translocations reciproques chez le porc: etat des lieux et perspectives. *Journées de la Recherche Porcine en France* (ed. J Conty and J. Y. Dourmad), no 29b, Institut Technique du Porc, Paris, 1997, pp. 375–382.

8. Shelov A V., Dzitsyuk V. V. Methody prigotuvannya metaphasnyh chromosom limfotsitiv periferiynoy krovi tvarin [Methods of preparation the metaphase chromosomes of lymphocyte of animals peripheral blood]. Kiev, Agricultural Sciences, 2005. 240 p. (In Ukrainian).

9. <http://www.animalgenome.org/cgi-bin/QTLdb/index>

10. Kuokkanen M. T., Mäkinen A. A reciprocal translocation (7q-;12q+) in the domestic pig. *Hereditas*, 1987, vol. 106, pp. 147–149.

11. Mäkinen A., Pitkanen T., Andersson M. Two cases of reciprocal translocations in domestic pigs producing small litters. *J Anim Breed Genet*, 1997, vol. 114, pp. 377–384.

12. Kuokkanen M. T., Mäkinen A. Reciprocal chromosome translocations (1p-;11q+) and (1p+;15q-) in domestic pigs with reduced litter size. *Hereditas*, 1988, vol. 109, pp. 69–73.

13. Mäkinen A., Andersson M., Hakkinen A., Kuosmanen S. A reciprocal translocation between autosomes 8 and 10 in a boar used for artificial insemination service and its effects on litter size. *Anim Reprod Sci*, 1999, vol. 56, pp. 237–243.

14. Ivashura M. M. Polimorfizm heterochromatichnih rayoniv akrocentrichnih chromosom swiney [Polimorfizm of heterochromatic regions of pigs acrocentric chromosomes] — Summary of the Thesis. Cand. Nauk Agricultural Sciences 03.00.15. Genetics. Institut tvarinnitstva UAAS, Kharkiv, 1998, pp. 20 (In Ukrainian).

15. Jantsch M., Hamilton B., Mayr B., Schweizer D. Meiotic chromosome behaviour reflects levels of sequence divergence in *Sus scrofa domestica* satellite DNA. *Chromosoma*, 1990, Sep, vol. 99 (5), pp. 330–335.

16. Cea G. F., Etcheberry K. F., Dulout F. N. Induction of micronuclei in mouse bone-marrow cells by the flavonoid 5,3',4'-trihydroxy-3,6,7,8-tetramethoxy-flavone (THTMF). *Mutat Res*, 1983, Mar, vol. 119 (3), pp. 339–42.

17. Hasanbasic D., Rukavina D. Micronuclei in lymphocytes of horses and pigs after *in vitro* irradiation. *Acta Veterinaria*, 2007, vol. 57. no 4, pp. 341–350.

18. Dzitsyuk V. V. Chromosomniy polimorfizm okremih vidiv i porid silskogospodarskih tvarin [Chromosomal polymorfizm of some agricultural animals species and breeds]. Summary of the Thesis Doc. Agricultural Science: special. 03.00.15 genetics. Chubinske, 2009. 30 p. (In Ukrainian).

19. Klenovitsky P. Spontannaja izmenchivost chromosom I plodovitost sviney [Spontaneous variability of chromosomes and fertility of pigs] *Bull. Nauchnyh rabot VNIIZH — Bull. scientific work of ARSRIF*, 1985, no 78, pp. 10–11 (In Russian).

20. Kobidze I. G. Cytogeneticheskoe obsledovaniye plemennyh hrjachkov porod krupnaja belaja I landras [Cytogenetic examination of breeding boars breeds Large White and Landrace]. *Voprosy proizvodstva sviney. Bulletin nauchnih rabot Vizha [Questions of production pigs. Bull papers Vij]*, 1989, no 93. pp. 56–58 (In Russian).

21. Osipova N. A. Somaticheskaja chromosomnaja nestabilnost u sviney krunoy beloy porody Zapadnoj Sybyry [Somatic chromosome instability in pigs of large white breed of Western Siberia] Summary dis. 06.02.01, 03.00.16, PhD. Biol. Sciences, 2000, 22 p. (In Russian).

22. Efimenko L. J. Viktoristannya tsitogenetichnih pokaznikov v selektsii sviney [Use of cytogenetic indicators in breeding pigs] *Genetics produktivnosti tvarin: Vseukr. Yuvileyna conference. Prisyachena 90-h richchyu narodzhennya vidatnogo vchenogo Kolesnika MM* [Proc. of the

Genetics Animal Productivity: All-Ukrainian anniversary conference. Dedicated to the

90th anniversary of the famous scientist M. Kolesnik]. Kiev, 1994, pp. 8 (In Ukrainian).

Робота виконана за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень України.