

lipoxigenase activity and cell ultrastructure of winter wheat seedlings. *Genetics and Plant Physiology*. 2014; 4(1-2): 117-125.

3. Barnabas B, Jager K, Feher A. Effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environ*. 2008; 31: 11-38.

4. Bubolo LS; Byikov OD; Kamentseva IE; Kislyuk IM. Zashitnoe i povrezhdaiushee deystvie vidimogo sveta na fotosinteticheskiy apparat psheniysi pri gipertermii. *Fiziologiya rasteniy*. 2008; 5: 681-9. Russian

5. Ivanov LA, Ivanova LA, Ronzhina DA. i dr. Izmnenie soderzhaniya hlorofillov i karotinoidov v listyah stepnykh rasteniy vdol shirotnogo gradienta na Yuzhnom Urale. *Fiziologiya rasteniy*. 2013; 60 (6): 856-864. Russian

6. Lebedeva TS, Sytnik KM. Pigmenty rastitel'nogo mira Kiev, 1986. Russian

7. Lichtenthaler HK. Chlorophylls and carotenoids, pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 1987; 148: 350-382.

8. Musiyenko MM, Zhuk VV, Batsmanova LM. Protektorna rol' tsytokininu za diyi teplovoho stresu na roslyny pshenyysi. *Ukr. Bot. J*. 2014; 71(2): 244-9. Ukrainian.

9. Pshibiytko NL, Zhavoronkova NB, Kabashnikova LF. Vliyanie gipertermii na strukturno-funktsionalnoe sostoyanie fotosinteticheskikh membran yachmenya s modifitsirovannym pigmentnyim apparatom. *Biologicheskie membrany*. 2005; 22 (6): 444-9. Russian

10. Raghawanshi A, Dudeja S, Khurana A. Effect of temperature on flavonoid production in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L) Millsp] in relation to nodulation. *Biology and Fertility of Soils*. 1994; 17(4): 314-6.

11. Seredneva YaV, Patunina AS, Sinitsyna YuV, Veselov AP. Vliyanie usloviy hronicheskoy i ostroy gipertermii i nizkointensivnogo peremennogo magnitnogo polya na funktsionalnoe sostoyanie fotosinteticheskogo apparata rasteniy *Pisum sativum* L. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta imeni N.I. Lobachevskogo*. 2014; 1(2): 224-8. Russian

12. Stanets'ka DM, Koval' IV, Dzhurenko NI ta in. Vplyv vysokotemperaturnoho stresu na pihmentnyy kompleks vydiv rodu *Solidago* L. v reproduktyvnyy period. *Naukovy visnyk Uzhhorod'skoho universytetu. Seriya Biolohiya*. 2011; 3: 192-6. Ukrainian.

13. Trineeva OV, Slivkin AI, Voropaeva SS. Razrabotka i validatsiya metodiki kolichestvennogo opredeleniya flavonoidov v listyah krapivyy dvudomnoy. *Vestnik VGU, seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2014; 1: 138-144. Russian

14. Wang G, Cao F, Wang G, El-Kassaby YA. Role of Temperature and Soil Moisture Conditions on Flavonoid Production and Biosynthesis-Related Genes in *Ginkgo* (*Ginkgo biloba* L.) Leaves. *Open Natural Products Chemistry & Research*. 2015 – DOI: 10.4172/2329-6836.1000162.

Надійшла до редколегії 12.09.16

Н. Нужи́на, канд. биол. наук, О. Ткачу́к, канд. биол. наук, А. Фукаляк, биолог II категории Киевский национальный университет имени Тараса Шевченка, Киев, Украина

ДИНАМИКА ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ТРЕХ ВИДОВ ШИПОВНИКА ПРИ УСЛОВИИ ГИПЕРТЕРМИИ

Приведены данные об изменении содержания фотосинтезирующих пигментов в листьях растений *Rosa donetzica*, *Rosa spinosissima*, *Rosa reversa* после кратковременного воздействия высокой температуры (+ 40° C). Установлено, что растения вида *Rosa donetzica* наименее жаростойкие из исследованных видов.

Ключевые слова: *Rosa*, фотосинтезирующие пигменты, гипертермия

N. Nuzhyna, PhD, O. Tkachuk, PhD., A. Fukalyak, biologist II category Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

DYNAMICS OF PIGMENT COMPLEX THREE SPECIES OF WILD ROSE UNDER HYPERTHERMIA

The data about changing of the content of photosynthetic pigments in leaves of plants *Rosa donetzica*, *Rosa spinosissima*, *Rosa reversa* after short-term exposure to high temperature (+40°C) are presented. It was established that the plants of species *Rosa donetzica* are the least resistant of the studied species.

Key words: *Rosa*, photosynthetic pigments, hyperthermia

УДК 577.112.85:57.083.3:591.16:631.528.6:633.34

М. Храбко, асп.,
Р. Федорук, д-р вет. наук, проф.
Інститут біології тварин НААН, Львів

РІСТ І РОЗВИТОК ОРГАНІЗМУ САМЦІВ ЩУРІВ F1 ТА ЙОГО ІМУНОФІЗІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ У ПЕРІОД ВИПОЮВАННЯ РІЗНИХ ДОЗ НАНОТЕХНОЛОГІЧНОГО І ХІМІЧНО СИНТЕЗОВАНОГО ЦИТРАТУ ГЕРМАНІЮ

Метою досліджень було вивчити вплив різних доз цитрату Ge на ріст і розвиток самців F1, активність імунної системи організму, стан гемостазу. Дослідження виконані методами груп і періодів на самцях щурів F1, яким випоювали цитрат Ge від молочного періоду до 120 діб, в дозах 10 (I), 20 (II), 200 (III) мкг Ge/кг м. т., що отриманий нанотехнологічним методом і 2000 мкг Ge/кг м. т. – хімічно синтезованого. За результатами досліджень встановлено більше виражений вплив цитрату Ge на ріст і розвиток організму самців в дозі 20 мкг Ge/кг м. т. Біологічна дія цитрату Ge стимулювала імунізацію організму з підвищенням вмісту загальних Ig, молекул середньої маси, сіалових кислот, кількості лейкоцитів за рахунок лімфоцитів і гранулоцитів на тлі зменшення рівня циркулюючих імунних комплексів і гексоз, зв'язаних з білками. Відзначено позитивний дозо-залежний вплив цитрату Ge на ріст і розвиток організму щурів і його гематологічні та імунізаційні показники.

Ключові слова: імунізація, щурі, кров, тканини, германію цитрат.

Вступ. Розвиток організму залежить від імунізаційної активності організму, що визначається рівнем імунних глобулінів, глікопротеїнів, загальних цитокінів, позаклітинних ДНК, молекулярних факторів тканинного стресу [1, 2]. Ці речовини запускають імунізаційні механізми адаптивно-гомеостатичних реакцій, активацію яких зумовлюють низка речовин, зокрема й сполуки Германію (Ge), що володіють біологічною активністю [2-4].

В організмі людини і тварин Ge стимулює низку функцій, пов'язаних з онтогенетичним розвитком, у тому числі органів імунної системи, травлення, відтворення [5-7], коригує рух елементів у нервових клітинах і знижує поріг больової чутливості [4, 8, 9], попереджує роз-

виток гіпоксії, виконуючи активну роль у перенесенні кисню до тканин [4, 9]. Однак, мінеральні сполуки Ge, зокрема оксиди, можуть проявляти у певних дозах токсичний вплив в організмі, порушуючи функцію нирок, що проаналізовано у низці оглядів, присвячених біологічній ролі Ge [4, 5, 9]. Тому ведуться дослідження з пошуку нових, зокрема органічних сполук Ge, токсичність яких значно нижча, або відсутня [8, 10]. Доведено, що органічні сполуки Ge, стимулюють продукування у-інтерферону та основних факторів резистентності з підвищенням активності багатьох фізіологічних систем [9-11], у тому числі репродуктивну функцію самиць тварин [6, 12]. Відзначено стимулюючий вплив цитрату германію, отриманого методом нанотехнології, на ан-

тиоксидантну здатність та імунобіологічну реактивність організму самиць щурів [7, 9], його репродуктивну і детоксикаційну функцію [6, 12]. Встановлені дозозалежні відмінності впливу цитрату Ge, отриманого методом нанотехнології та хімічного синтезу на ріст і розвиток організму самиць щурів у період до запліднення, вагітності та лактації [6, 12, 13]. Метою цих досліджень було вивчення впливу різних доз цитрату Ge, отриманого методами нанотехнології та хімічного синтезу, на активність імунної системи, стан гемостазу, ріст і розвиток самців щурів у період фізіологічного дозрівання.

Матеріали і методи. Дослідження проведено у віварії Інституту біології тварин НААН на білих лабораторних щурах-самцях, масою тіла 90–120 г у віці 2–4,5 місяці, поділених на п'ять груп за принципом аналогів, по 10-15 тварин у кожній. Самці щурів F₁ були отримані від самиць F₀, яким у дослідних групах випоювали цитрат германію 30-40 діб до запліднення, впродовж вагітності та лактації за такою ж схемою, що зберігалась і для приплоду: I група – контрольна, отримувала збалансований стандартний раціон (СР) зі згодовуванням гранульованого комбікорму впродовж усього періоду досліджень і споживанням води без обмеження. Тваринам II – V дослідних груп згодовували СР і випоювали Ge цитрат, в кількостях: II – наногерманій цитрат (HGeЦ), виготовлений нанотехнологічним методом [14], з розрахунку 10 мкг Ge/кг маси тіла; III група – 20 мкг Ge/кг м. т. з HGeЦ; IV група – 200 мкг Ge/кг м. т. з HGeЦ; V група – 2000 мкг Ge/кг м. т. з германію цитрату хімічно синтезованого (GeЦХС). Водний розчин наногерманію цитрату у концентрації 1,2 г/дм³, рН 1,30 був отриманий від ТОВ "Наноматеріали та нанотехнології", м. Київ. Хімічно синтезований цитрат германію, з концентрацією 1,452 г Ge/0,1 дм³, рН 0,31, був виготовлений співробітниками кафедри загальної хімії та поліме-

рів, завідувач – доктор хімічних наук, професор Сейфулліна І. Й. Одеського національного університету імені І. І. Мечникова у рамках співпраці за договором між Інститутом біології тварин НААН та вказаною кафедрою університету. На 120-135 добу життя по 5-9 самців F₁ з кожної групи умертвляли шляхом декапітації після наркозу і знерухомлення парами хлороформу з дотриманням біоетичних норм [17,18] і відбирали зразки крові для дослідження за методами, що описані у довіднику [16]. У крові визначали кількість еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів на гематологічному аналізаторі (Mythic 18), а також вміст імуноглобулінів (Ig) нефелометричним методом, молекул середньої маси (МСМ) (Ніколайчик В. В., Моін В. М., 1991), циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) (Гріневич Ю. А., Алферов А. Н., 1981), гексоз, зв'язаних з білками (ГЗБ) з орциновим реактивом (Асатіані В. С., 1957), сіалових кислот (СК) за Свеннерхольмом (Анашаєвіч А. Ц., 1968) і церулоплазміну (Ravin, 1961).

Отриманий цифровий матеріал опрацьовано методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента. Розраховували середні арифметичні величини (M) та похибки середніх арифметичних величин ($\pm m$). Зміни вважали вірогідними за P \leq 0,05. Для розрахунків використано комп'ютерну програму Excel.

Результати та обговорення. Встановлено виражений стимулюючий вплив застосованих доз цитратів Ge на показники постнатального розвитку організму, що зумовлювало міжгрупові відмінності росту й розвитку самців дослідних і контрольної груп. Зокрема, показники маси тіла та внутрішніх органів, що характеризують інтенсивність росту і розвитку самців дослідних груп, переважали їх величини у тварин контрольної групи. Динаміка маси тіла самців II – IV дослідних груп у віковий період 70-110 діб була вищою порівняно з контролем на 1,3-10,3 % (табл. 1).

Таблиця 1. Динаміка маси тіла самців щурів F₁ за випоювання цитратів германію різної концентрації, г (M \pm m, n=5)

Група	Вікові періоди постнатального росту і розвитку, діб					
	70	80	90	100	110	120
I – контроль %	106,8 \pm 5,15 100	117,2 \pm 5,79 100	132,0 \pm 5,77 100	148,4 \pm 5,91 100	164,8 \pm 5,81 100	179,2 \pm 5,41 100
II %	108,2 \pm 5,37 101,3	119,6 \pm 5,37 102,0	135,6 \pm 5,68 102,7	153,4 \pm 5,95 103,4	171,2 \pm 6,11 103,9	188,8 \pm 6,12 105,4
III %	114,6 \pm 5,64 107,3	126,6 \pm 5,30 108,0	143,4 \pm 5,31 108,6	162,0 \pm 5,64 109,2	181,8 \pm 5,32 110,3	201,0 \pm 4,92* 112,2
IV %	108,6 \pm 4,99 101,7	119,2 \pm 4,86 101,7	136,4 \pm 4,93 103,3	153,8 \pm 5,58 103,6	172,4 \pm 5,52 104,6	188,2 \pm 5,56 105,0
V %	104,8 \pm 5,15 98,1	114,6 \pm 4,82 97,8	127,2 \pm 4,91 96,4	140,4 \pm 4,64 94,6	152,0 \pm 5,03 92,2	163,2 \pm 5,29 91,1

Примітка: у цій та наступних таблицях різниця статистично вірогідна порівняно з першою (контрольною) групою * – p \leq 0,05; ** – p \leq 0,01, *** – p \leq 0,001.

Найвищі позитивні міжгрупові різниці порівняно з контролем відзначено у тварин III групи (7,3-10,3 %), у той час як у II і IV групах ці відмінності становили 1-5 %, а для V групи маса тіла самців була меншою на – 2-9 %. Характерно, що вищий рівень міжгрупових різниць порівняно з контрольною групою встановлено у віковому періоді 100-110 діб (4-10 %). У перші декади після відлучення маса тіла самців II і IV дослідних груп становила 101,3 і 101,7 % і зроста до 109,2 на 100 добу, що підтверджують отримані дані з вищою стимулюючою

дією дози в 20 мкг Ge/кг м. т. на імунобіологічний статус цих тварин.

Маса внутрішніх органів самців дослідних груп вірогідно не відрізнялася від їх величини у тварин контрольної групи (табл. 2), що підтверджує відсутність токсичного чи інгібуючого впливу цитрату Ge на їх розвиток. Однак, відзначено не вірогідне зниження показників маси печінки, нирок, селезінки і легень у щурів дослідних груп, що більше виражено у тварин III, а для легень – V груп.

Таблиця 2. Показники маси внутрішніх органів і їх коефіцієнти маси самців щурів F₁ за впоювання цитратів германію різної концентрації (M±m, n=9)

Орган	Група				
	I – контроль	II	III	IV	V
	Маса органу (г) / коефіцієнт маси (г/кг)				
Серце	0,6 ± 0,06 3,5±0,19	0,6±0,03 3,5±0,20	0,6±0,03 3,8±0,15	0,6±0,03 3,6±0,13	0,6±0,02 3,4±0,08
Легені	1,4± 0,27 8,1±0,99	1,3± 0,07 7,5±0,51	1,2± 0,03 7,8±0,57	1,5± 0,10 8,5±0,63	1,07± 0,04 6,6±0,25
Селезінка	0,4± 0,04 2,1±0,14	0,3± 0,01 1,6±0,04**	0,3± 0,03 1,7±0,11	0,4± 0,01 2,0±0,19	0,3± 0,02 1,9±0,08
Нирки	1,4± 0,12 7,8±0,17	1,3± 0,03 7,4±0,16	1,2± 0,05 8,0±0,14	1,3± 0,08 7,4±0,27	1,3± 0,08 7,9±0,25
Печінка	5,8± 0,51 35,8±0,87	4,9± 0,22 28,3±0,98***	4,6± 0,36 30,7±0,85**	5,5± 0,37 31,2±0,61**	5,3± 0,23 32,7±0,26**

Виявлена тенденція може зумовлюватися більшим анаболічним впливом Ge в дозі 20 мкг, що стимулювало інтенсивніший приріст маси тіла ніж розвиток внутрішніх органів у самців III групи. Проте відсутність вірогідних різниць показників маси внутрішніх органів порівняно з контрольною групою вказує на доцільність експериментальної перевірки цієї тенденції. У той час як вірогідно нижчі коефіцієнти маси печінки у тварин усіх дослідних груп, а селезінки – в II групі, підтверджують припущення про більше виражений анаболічний вплив Ge на приріст м'язової маси і менше – паренхіматозних органів. Також слід зауважити на тенденції до зменшення маси печінки, нирок, селезінки і легень у самців щурів II і III груп, у той час як для V групи маса легень збільшувалась. Характерно, що коефіцієнти маси печінки були вірогідно нижчими у всіх дослідних групах, а селезінки – тільки у II групі щодо контролю.

Дослідження клітин білої та червоної крові щурів вказує на вірогідно виражену клітинну реакцію організму та імунної системи на тривале впоювання цитрату Ge. Зокрема, у крові тварин усіх дослідних груп вірогід-

но збільшувалась кількість лейкоцитів, у тому числі лімфоцитів і гранулоцитів (табл. 3). Збільшення кількості лімфоцитів і гранулоцитів, а не вірогідно й інших клітин у крові самців щурів усіх дослідних груп, вказує на високу інтенсивність їх утворення та виходу з селезінки і менше – кісткового мозку за дії цитрату Ge. Відомо, що активність гранулоцитів, як і деяких інших лімфоїдних елементів, у периферичній крові та селезінці гризунів найвища, а кістковому мозку – найнижча [1, 2]. Очевидно, вихід лімфоцитів і гранулоцитів у периферичну кров більш чутливий до стимулюючої дії цитрату Ge у застосованих дозах, ніж інших форм лейкоцитів. Число моноцитів було вірогідно вищим порівняно з контролем лише у крові тварин II групи, але зберігалася виражена тенденція до вищого рівня їх у інших дослідних групах. Це може вказувати на менше виражений стимулюючий вплив застосованих вищих доз цитрату Ge на надходження цих клітин у периферичну кров.

Таблиця 3. Гематологічні та імунофізіологічні показники організму самців щурів за впоювання цитратів германію різної концентрації (M±m, n=5)

Показник	Група				
	I – контроль	II	III	IV	V
Еритроцити, 10 ¹² /л	6,4±0,45	7,2±0,37	7,8±0,47	7,7±0,40	7,0±0,40
Гемоглобін, г/л	145,0±3,62	147,2±3,61	156,2±2,96*	146,8±2,15	142,8±3,51
Гематокрит, л/л	0,36±0,029	0,38±0,015	0,44±0,022	0,41±0,021	0,38±0,011
Лейкоцити, 10 ⁹ /л	7,8±0,57	10,5±0,58*	9,7±0,39*	10,1±0,51*	10,1±0,47*
Лімфоцити, 10 ⁹ /л	4,5±0,27	6,3±0,47**	5,7±0,46	5,8±0,36*	6,3±0,39**
Моноцити, 10 ⁹ /л	0,9±0,13	1,4±0,10*	1,2±0,20	1,5± 0,22	1,1 ± 0,23
Гранулоцити, 10 ⁹ /л	2,5±0,09	2,7±0,07*	2,9±0,11*	2,8±0,08*	2,7±0,11
Тромбоцити, 10 ⁹ /л	323,3±14,48	338,4±14,04	396,3±14,93**	342,7±16,44	330,3±11,02

Аналіз гематологічних показників вказує на відсутність вірогідних різниць у кількості еритроцитів, гемоглобіну (крім III групи) і величини гематокриту у тварин дослідних і контрольної груп. Однак, для кількості еритроцитів і величини гематокриту спостерігається виражена тенденція до підвищення цих показників у тварин всіх дослідних груп порівняно до контролю. Найвищий рівень цих показників встановлено в крові щурів III групи, що підтверджується й вірогідно вищим вмістом гемоглобіну у цих тварин. Очевидно, 20 мкг Ge/кг м. т. для самців щурів у період статевого дозрівання діє ефективніше, ніж нижча (10 мкг) і вища (200 і 2000 мкг) дози на біосинтез цього білка еритроцитів і надходження їх у периферичну кров. Характерним є також вірогідне підвищення кількості тромбоцитів у крові щурів III

групи зі збереженням тенденції до вищого рівня у тварин інших дослідних груп.

Отримані результати досліджень гематологічних показників вказують на відсутність токсичного впливу всіх застосованих доз цитрату Ge з вираженою стимулюючою дією дози в 20 мкг Ge на рівень гемоглобіну і тромбоцитів у периферичній крові самців щурів у період завершення фізіологічного дозрівання.

Аналіз отриманих результатів вказує на виражений стимулюючий вплив застосованих доз цитрату Ge, отриманого методами нанотехнології та хімічного синтезу, на імунну систему організму щурів. Це підтверджується вірогідно вищим вмістом загальної кількості імуноглобулінів, МСМ, сіалових кислот (крім IV групи) у крові самців щурів дослідних груп (табл. 4).

Таблиця 4. Вміст імунних комплексів, глікопротеїнів та їх вуглеводних компонентів у крові самців щурів за випоювання цитратів германію різної концентрації (M±m, n=5)

Показник	Група				
	I – контроль	II	III	IV	V
Заг. к-ть Ig, г/л	5,4±0,26	6,1±0,37	8,9±0,33***	7,0±0,77	10,1±0,44***
МСМ, у.о.	0,21±0,018	0,26±0,010	0,27±0,006*	0,26±0,006*	0,28±0,004**
ЦІК, ммоль/л	73,2±3,12	42,7±2,51***	42,5±2,01***	78,8±4,26	32,3±2,06***
Гексози, зв'язані з білками, г/л	3,5±0,12	2,8±0,16**	2,9±0,17*	4,3±0,38	4,2±0,34
Сіалові кислоти, у. о.	132,2±4,81	162,2±4,10**	166,8±4,72***	142,8±3,26	154,6±6,73*
Церулоплазмін, у. о.	374,2±13,67	358,4±24,46	386,2±14,39	390,8±22,69	404,8±18,15

Характерно, що більше виражені відмінності вмісту цих речовин у крові тварин були у III (20 мкг Ge) і V (2 мкг Ge) групах порівняно з контрольною групою. У той час як у IV групі рівень імуноглобулінів був не вірогідно вищим від контролю на 29 %, а для сіалових кислот виявляв тенденцію до зниження стосовно контролю. Встановлені відмінності стимулюючого впливу застосованих доз HGeЦ на імунофізіологічну активність організму самців щурів можуть вказувати на певні біологічні особливості дії низьких і високих доз цієї сполуки на синтез глікопротеїнів, зокрема сіалових кислот у організмі.

Таке припущення підтверджують міжгрупові відмінності й інших досліджених показників – ЦІК і гексоз, зв'язаних з білками. Зокрема, вміст ЦІК у крові самців II, III і V груп був вірогідно нижчим, проте у тварин IV групи їх рівень виявляв тенденцію до підвищення. Вміст гексоз, зв'язаних з білками також знижувався у крові самців II ($P \leq 0,05$) і III ($P \leq 0,01$) груп, але в IV і V групах рівень їх був не вірогідно вищим, як і церулоплазмін у III, IV і V групах. Встановлені відмінності вмісту глікопротеїнів та їх компонентів у крові самців дослідних груп вказують на не однакову дію різних доз цитрату Ge на обмін глікопротеїнів. Це можна пов'язувати з імунологічними властивостями їх вуглеводних компонентів. Відомо, що глікопротеїни крові можуть виявляти ранні імунобіологічні реакції організму, а сполуки Ge здатні їх посилювати за дії стресових, у тому числі аліментарних чинників [4, 7, 12]. Встановлено, що введення мишам 1-ізопроксигерматрану посилює біосинтетичні процеси в організмі зі збільшенням вмісту глікопротеїнів у тканинах [4, 10]. У той час як вірогідне зниження вмісту гексоз, зв'язаних з білками у крові самців II і III груп виявляє позитивний зв'язок зі зниженням рівня ЦІК у цих тварин, що може вказувати на функціональну спорідненість цих компонентів за дії не високих доз Ge.

Висновки

1. Уведення цитрату Ge до питної води самців щурів F₁ зумовлює його стимулюючий вплив на ріст тварин, які отримували 10-200 мкг Ge/кг м. т., виготовленого методом нанотехнології, проте у дозі 2 мг/кг м. т. Ge, отриманого з його цитрату хімічно синтезованого, встановлено зниження інтенсивності росту тварин на 2-9 % у віці 70-120 днів. Відзначено вірогідно нижчі коефіцієнти мас печінки у самців II – V, а селезінки – II групи.

2. Стимулюючий вплив "нанотехнологічного" Ge на інтенсивність росту самців щурів більше виражений за дії 20 мкг з досягненням найвищих (109–112 %) різниць порівняно до контролю у період завершення фізіологічного дозрівання (100–120 доби життя).

3. Застосовані дози цитрату Ge зумовлюють менше виражений вплив на гематологічний профіль організму щурів з вірогідним збільшенням вмісту гемоглобіну (III група) і не вірогідним – кількості еритроцитів у тварин усіх дослідних груп, проте виявляють стимулюючу дію на імунофізіологічну активність організму з вищим рівнем лейкоцитів ($P \leq 0,05$) за рахунок лімфоцитів і грану-

лоцитів, а також імунних глобулінів ($P \leq 0,001$), молекул середньої маси, сіалових кислот у крові щурів дослідних груп; у той час як нижчі дози Ge (10 і 20 мкг) сприяють зниженню рівня гексоз, зв'язаних з білками та циркулюючих імунних комплексів у крові самців II і III груп.

4. Вплив високої дози цитрату Ge хімічно синтезованого (2 мг/кг м. т.) характеризується найвищим рівнем імунних глобулінів, молекул середньої маси, церулоплазмину і лейкоцитів на тлі найнижчого вмісту циркулюючих імунних комплексів у крові щурів V групи порівняно як з контрольною, так і іншими дослідними групами.

References

1. Matzinger P. The danger model: a renewed sense of self // *Science*. – 2002. – Vol. 296. – P. 301–305.
2. Poletaev A. B. Physiologic immunology (natural autoantibodies and problems of nanomedicine) // MICLOSH; Moscow. – 2010. – 220 p. (in Russian).
3. Brutkiewicz R. R. Biological activities and antitumor mechanism of an immunopotentiating organogermanium compound Ge-132 / R. R. Brutkiewicz, F. Suzuki // *In vivo*. – 1987. – № 1. – P. 189–204.
4. Lukevics E. J. The biological activity of compounds of germanium / E. J. Lukevics, T. K. Gard, L. M. Ignatovich, F. V. Mironov // *Riga: Zynatne*. – 1990. – P. 191 p.
5. Miyao K., Tanaka N. Carboxyethylgermanum sesquioxide and related organogermanium compounds unique synthetic BRMS: a review // *Drugs Future*. – 1988. – Vol. 13 (5). – P. 441–453.
6. Khrabko M. I. Reproductive function and weight of female rats and viability of offspring for the watering of chemically synthesized nanoparticles and citrate germanium / M. I. Khrabko, O. P. Dolaychuk // *Animal biology*. – 2015. – Vol. 17 (4). – P. 207. (in Ukrainian)
7. Kudrin A. H. Immunopharmacology microelements / A. H. Kudrin, A. V. Skalny, A. A. Zhavoronkov // *M.: KMK*. – 2000. – 537 p. (in Russian)
8. Seyfullina I. Y. Pharmacological effects germanium compounds / I. Y. Seyfullina, O. D. Nemyatyh, V. D. Lukyanchuk, E. V. Tkachenko // *Odessa Medical Journal*. – 2003. – № 6. – P. 111–114. (in Ukrainian)
9. Thayer J. S. Germanium compounds in biological systems // *Rev. Silicon, Germanium, Tin, Lead Compd.* – 1985. – № 8 (2-3). – 133–155.
10. Sawai K., Kurono M., Awaaya J., et al. Composition containing Organogermanium compound and antibody – adjusting agent composition. Pat. (5 340 806 (K1. 514184) USA; 23 Aug. 1994.
11. Kresyun V. I. Pharmacological characterization of compounds of germanium // V. I. Kresyun, K. F. Shemonayeva, A. G. Vidavska // *Clinical Pharmacy*. – 2004. – № 4. – P. 65–68. (in Ukrainian)
12. Dolaychuk O. P. Physiological and biochemical processes in the organisms of rats when feeding them with different amounts of germanium citrate / O. P. Dolaychuk, R. S. Fedoruk, I. I. Kovalchuk, S. I. Kropyvka // *Animal biology*. – 2015. – Vol. 17, № 2. – P. 50–56. (in Ukrainian)
13. Dolaychuk O. P. Physiological effects nanotsytratu Ge in the conditions of his watering lactate female rats and their offspring / O. P. Dolaychuk, R. S. Fedoruk, V. G. Kaplunenko // *Physiological Journal*. – 2014. – Vol. 60 (3). – P. 222–223. (in Ukrainian)
14. Ukraine patent for utility model number 38391. IPC (2006): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/126 (2008.01), C07C 53/10 (2008.01), A23L 1/00, B82B 3/00. Method metal carboxylates "Nanotechnology receiving metal carboxylates". Kosinov M. V., Kaplunenko V. G. Publish. 12.01.2009, Bull. № 1. (in Ukrainian)
15. Borisevich V. B. Nanomaterials in biology. Fundamentals nanoveterynariyi / V. B. Borisevich, V. G. Kaplunenko, N. V. Kosinov, et al. // *K.: WA "Avicenna"*, 2010, 416. (in Ukrainian).
16. Vlizlo V. V. Laboratory methods of investigation in biology, stockbreeding and veterinary / V. V. Vlizlo, R. S. Fedoruk, I. B. Ratysh et al. // *Reference book*; Edited by V. V. Vlizlo. Lviv: SPLOM, 2012, 764 p. (In Ukrainian)
17. European convention for the protection of vertebrate animals used for experim. and other scientific purposes // *Coun. of Europe, Strasbourg*. – 1986. – 53 p.
18. Law of Ukraine № 3447-IV "On protection of animals from cruelty" / *Supreme Council of Ukraine*. – Official. kind. – 2006. – № 27. – S. 990,

P. 230. – (Library official publications). Kovalenko L. Evaluation nanoakvahelat germanium stimulating action on the natural resistance of animals // Scientific Herald NUBiP Ukraine, 2012. – № 172 (1). – P. 203–209.

References (SCOPUS)

1. Matzinger P. The danger model: a renewed sense of self. *Science*, 2002, 296: 301–305.
2. Poletaev AB. Physiologic immunology (natural autoantibodies and problems of nanomedicine). MICLOSH. Moscow. 2010: 220 p. [Russian].
3. Brutkiewicz RR, Suzuki F. Biological activities and antitumor mechanism of an immunopotentiating organogermanium compound Ge-132. *In vivo*. 1987, 1: 189–204.
4. Lukevics EJ, Gard TK, Ignatovich LM, Mironov FV. The biological activity of compounds of germanium. *Riga Zinatne*. 1990:191.
5. Miyao K., Tanaka N. Carboxyethylgermanum sesquioxide and related organogermanium compounds unique synthetic BRM'S: a review. *Drugs Future*, 1988, 13 (5): 441–453.
6. Khrabko MI, Dolaychuk OP. Reproductive function and weight of female rats and viability of offspring for the watering of chemically synthesized nanoparticles and citrate germanium. *Animal biology*, 2015, 17 (4): 207. [Ukrainian]
7. Kudrin AH, Skalny AV, Zhavoronkov AA. Immunopharmacology microelements. *M. KMK*, 2000: 537. [Russian]
8. Seyfullina IY, Nemyatoh OD, Lukyanchuk VD, Tkachenko EV. Pharmacological effects germanium compounds. *Odessa Medical Journal*, 2003, 6: 111–114. [Ukrainian]
9. Thayer JS. Germanium compounds in biological systems. *Rev. Silicon, Germanium, Tin, Lead Compd.*, 1985, 8 (2-3): 133–155.
10. Sawai K, Kurono M, Awaaya J at al. Composition containing Organogermanium compound and immunity – adjusting agent composition. *Pat. (5 340 806 (K1. 514184) USA; 23) Aug. 1994.*

11. Kresyun VI, Shemonayeva KF, Vidavska AG. Pharmacological characterization of compounds of germanium. *Clinical Pharmacy*, 2004, 4: 65–68. [Ukrainian]

12. Dolaychuk OP, Fedoruk RS, Kovalchuk II, Kropyvka SI. Physiological and biochemical processes in the organisms of rats when feeding them with different amounts of germanium citrate. *Animal biology*, 2015, 17 (2): 50–56. [Ukrainian]

13. Dolaychuk OP, Fedoruk RS, Kaplunenko VG. Physiological effects nanosytratu Ge in the conditions of his watering lactate female rats and their offspring. *Physiological Journal*. 2014; 60 (3): 222–223. [Ukrainian]

14. Kosinov MV, Kaplunenko VG, 2009. Method metal carboxylates "Nanotechnology receiving metal carboxylates". *Ukraine. Pat. 38391*. [Ukrainian].

15. Borisevich VB, Kaplunenko VG, Kosinov NV. at al. Nanomaterials in biology. *Fundamentals nanoveterynariyi. K.: WA "Avicenna"*, 2010: 416. [Ukrainian]

16. Vlizlo VV, Fedoruk RS, Ratych IB. Laboratory methods of investigation in biology, stock-breeding and veterinary. *Reference book. Lviv. Spolom*. 2012: 764. [Ukrainian]

17. European convention for the protection of vertebrate animals used for experim. and other scientific purposes. *Coun. of Europe, Strasbourg*, 1986: 53.

18. Law of Ukraine № 3447-IV "On protection of animals from cruelty". Supreme Council of Ukraine. *Official. kind*. 2006, 27, 990: 230. (Library official publications). Kovalenko L. Evaluation nanoakvahelat germanium stimulating action on the natural resistance of animals. *Scientific Herald NUBiP Ukraine*, 2012, 172 (1): 203–209.

Надійшла до редколегії 25.11.16

М. Храбко асп., Р. Федорук, д-р вет. наук
Институт биологии животных НААН, Львов, Украина

РОСТ И РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМА САМЦОВ КРЫС F₁ ЕГО ИММУНОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В ПЕРИОД ВЫПАИВАНИЯ РАЗНЫХ ДОЗ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКИ СИНТЕЗИРОВАННОГО ЦИТРАТА ГЕРМАНИЯ

Целью исследования было изучить влияние различных доз цитрата Ge на рост и развитие самцов F₁, активность иммунной системы организма, состояние гемостаза. Исследования выполнены методами групп и периодов на самцах крыс F₁, которым выпаивали цитрат Ge от молочного периода до 120 дней, в дозах 10 (I), 20 (II), 200 (III) мкг Ge/кг м. т., который полученный методом нанотехнологии и 2000 мкг Ge/кг м. т. – химически синтезированного. По результатам исследований установлено более выраженное влияние цитрата Ge на рост и развитие организма самцов в дозе 20 мкг Ge/кг м. т. Биологическое действие цитрата Ge стимулировало иммунофизиологическую активность организма с повышением содержания общих иммуноглобулинов, молекул средней массы, сialовых кислот, количества лейкоцитов за счет лимфоцитов и гранулоцитов на фоне уменьшения уровня циркулирующих иммунных комплексов и гексоз, связанных с белками. Отмечено положительное дозо-зависимое влияние цитрата Ge на рост и развитие организма крыс и его гематологические и иммунофизиологические показатели.

Ключевые слова: иммунофизиология, крысы, кровь, ткани, германия цитрат.

M. Khrabko, Phd stud., R. Fedoruk, DSc.
Institute of animal biology NAAS, Ukraine

GROWTH AND DEVELOPMENT OF F₁ MALE RATS ORGANISM AND ITS IMMUNOPHYSIOLOGICAL ACTIVITY DURING THE PERIOD WATERING THEM DIFFERENT DOSES OF NANOTECHNOLOGY AND CHEMICALLY SYNTHESIZED GERMANIUM CITRATE

The aim of research was to study the effect of different doses of Ge citrate on the growth and development of F₁ male, the activity of their immune system and the state of hemostasis under these conditions. Research performed by methods of groups and periods with using F₁ male rats, which were watering during the milk-feeding period up to 120 days with Ge citrate obtained by nanotechnology method in doses 10 (I), 20 (II), 200 (III) mcg Ge/kg body weight and chemically synthesized Ge citrate in dose 2,000 (IV) mcg Ge/kg body weight. According to the research findings the most pronounced effect watering of Ge citrate on the growth and development of male rats organism was noted in dose 20 mcg Ge/kg body weight. Biological action of Ge citrate stimulated the immunophysiological activity of the organism with increasing of total Ig, molecules of average mass, sialic acid, number of white blood cells by the increasing number of lymphocytes and granulocytes, against the background of reduction of circulating immune complexes and hexoses bound to proteins. The positive dose-dependent effect of Ge citrate on the growth and development of the rats' organism and its immunophysiological and hematological parameters was noted.

Key words: immunophysiology, rats, blood, tissue, germanium citrate.