



УДК 636.599.735.51:591.463.1

## Інтенсивність окисних процесів та якість спермійів бугаїв за додавання в розріджувач наносукцинатів мікроелементів

І.М. Яремчук<sup>1</sup>, Н.В. Кузьміна<sup>1</sup>, М.М. Шаран<sup>1</sup>, Д.Д. Остапів<sup>1</sup>, С.Й. Кава<sup>2</sup>  
oddost@ukr.net

<sup>1</sup>Інститут біології тварин НААН,  
вул. Василя Стуса, 38, Львів, 79000, Україна;

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького,  
вул. Пекарська, 50, м. Львів, 79010, Україна

Досліджували вплив органічної форми  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  і  $Zn^{2+}$  у вигляді наносукцинату на інтенсивність окисних процесів у спермі та виживання спермійів, розріджених лактозо-жовтково-гліцеринним розріджувачем еякулятів бугаїв. Встановлено, що дихальна активність сперми у контролі –  $2,7 \pm 0,44$  нг-атом  $O/xv \times 0,1$  мл сперми, а за додавання наносукцинатів мікроелементів змінюється і залежить від дози в розріджувачі й ролі окремого мікроелемента в обмінних процесах спермійів. Так,  $0,06$  мг/л  $Zn^{2+}$ -сукцинату майже не змінює дихальну активність ( $2,3 \pm 0,43$  нг-атом  $O/xv \times 0,1$  мл сперми), за  $0,6$  мг/л на  $44,5\%$  знижує інтенсивність дихання, яка за  $3,0$  мг/л становить  $1,2 \pm 0,33$  нг-атом  $O/xv \times 0,1$  мл сперми. Різниця між контролем і максимальною дозою  $Zn^{2+}$ -сукцинату –  $55,6\%$  ( $P < 0,05$ ), а сила впливу зростаючого вмісту комплексної сполуки в розрідженій спермі на дихальну активність середньої сили ( $\eta = 0,529$ ). Додавання  $Cu^{2+}$  і  $Mn^{2+}$ -сукцинату в розріджені еякуляти бугая проявляє подібну залежність: інтенсивність дихання за максимальних доз менша, відповідно, на  $59,3$  і  $66,7\%$  ( $P < 0,01-0,001$ ). Сила впливу зростаючого вмісту  $Cu^{2+}$ - і  $Mn^{2+}$ -сукцинату в розрідженій спермі на дихальну активність середньої сили (відповідно,  $\eta = 0,544$  і  $0,600$ ). Одночасно додавання пропорційно наростаючих доз наносукцинатів мікроелементів знижує на  $0,05 - 0,11$  мВ/ $xv \times 0,1$  мл сперми відновну здатність. При цьому зі збільшенням вмісту наносукцинатів мікроелементів у розрідженій спермі зростає кількість зразків, у яких виявлено підвищення потенціалу середовища. Залежність відновної здатності від збільшення доз наносукцинатів мікроелементів у розрідженій спермі –  $\eta = 0,544-0,831$ . Активність СДГ за додавання  $0,06$  мг/л  $Zn^{2+}$ -сукцинату в розріджені еякуляти проявляє тенденцію до підвищення (на  $16,6\%$ ;  $44,2 \pm 8,03$  од/год  $\times 0,1$  мл сперми), а за вищого вмісту – до зниження на  $9,8-20,4\%$  ( $P > 0,05$ ) порівняно з контролем. Аналогічні зміни встановлені за додавання  $Mn^{2+}$ -сукцинату, однак різниця між контролем та максимальним вмістом ( $1,0$  мг/л) становить  $30,3\%$  ( $P > 0,05$ ). За пропорційного підвищення  $Cu^{2+}$ -сукцинату величина активності ензиму поступово знижується: за  $0,04$  мг/л – на  $27,3\%$  і за  $0,4$  мг/л – на  $58,3\%$  ( $P < 0,05$ ). Виживання спермійів у середовищі розрідження за низьких доз наносукцинатів мікроелементів не змінюється ( $152,0-168,0$  год), за  $0,1$  мг/л  $Mn^{2+}$ -сукцинату підвищується на  $12$  год до  $172,0$  год, а за максимальних величин  $Zn^{2+}$ - і  $Cu^{2+}$  – знижується на  $12$  год, порівняно з контролем.

**Ключові слова:** мікроелементи, наносукцинати, окисні процеси, спермії, виживання, еякуляти, бугаї.

## Интенсивность окислительных процессов и качество спермиев быков при добавлении в разбавитель наносукцинатов микроэлементов

І.М. Яремчук<sup>1</sup>, Н.В. Кузьміна<sup>1</sup>, Д.Д. Остапів<sup>1</sup>, М.М. Шаран<sup>1</sup>, С.Й. Кава<sup>2</sup>  
oddost@ukr.net

<sup>1</sup>Інститут біології живих тварин НААН,  
вул. Василя Стуса, 38, Львів, 79000, Україна;

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького,

### Citation:

Yaremchuk, I., Kuzmina, N., Ostapiv, D., Sharan, M., Kava, S. (2017). Oxidative processes intensity and quality of bull semen when adding microelements nanosuccinate compounds. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 19(77), 185–189.

ул. Пекарская, 50, г. Львов, 79010, Украина;

Исследовали влияние органической формы  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и  $Zn^{2+}$  в виде наносукцината на интенсивность окислительных процессов в сперме и выживание спермиев в разбавленных лактозо-желточно-глицериновым разбавителем эякулятов быков. Установлено, что дыхательная активность спермы в контроле –  $2,7 \pm 0,44$  нг-атом  $O/мин \times 0,1$  мл спермы, а при добавлении наносукцинатов микроэлементов изменяется и зависит от дозы в разбавителе и роли отдельного микроэлемента в обменных процессах спермиев. Так,  $0,06$  мг/л  $Zn^{2+}$ -сукцината почти не изменяет дыхательную активность ( $2,3 \pm 0,43$  нг-атом  $O/мин \times 0,1$  мл спермы),  $0,6$  мг/л на  $44,5\%$  снижает интенсивность дыхания, которая при  $3,0$  мг/л составляет  $1,2 \pm 0,33$  нг-атом  $O/мин \times 0,1$  мл спермы. Разница между контролем и максимальной дозой  $Zn^{2+}$ -сукцината –  $55,6\%$  ( $P < 0,05$ ), а сила влияния увеличения содержания комплексного соединения в разбавленной сперме на дыхательную активность средней силы ( $\eta = 0,529$ ). Добавление  $Cu^{2+}$  и  $Mn^{2+}$ -сукцината в разбавленные эякуляты быка проявляет подобную зависимость: интенсивность дыхания при максимальных дозах меньше соответственно на  $59,3$  и  $66,7\%$  ( $P < 0,01-0,001$ ). Сила влияния увеличения содержания  $Cu^{2+}$ - и  $Mn^{2+}$ -сукцината в разбавленной сперме на дыхательную активность средней силы (соответственно,  $\eta = 0,544$  и  $0,600$ ). Одновременно добавление пропорционально нарастающих доз наносукцинатов микроэлементов снижает на  $0,05-0,11$   $mV/мин \times 0,1$  мл спермы восстановительную способность. При этом с увеличением содержания наносукцинатов микроэлементов в разбавленной сперме увеличивается число проб, в которых установлено повышение потенциала среды. Зависимость восстановительной способности от увеличения доз наносукцинатов микроэлементов в разбавленной сперме –  $\eta = 0,544-0,831$ . Активность СДГ при добавлении  $0,06$  мг/л  $Zn^{2+}$ -сукцината в разбавленные эякуляты проявляет тенденцию к повышению (на  $16,6\%$ ;  $44,2 \pm 8,03$  ед/ч  $\times 0,1$  мл спермы), а при высоком содержании – к снижению на  $9,8-20,4\%$  ( $P < 0,05$ ) по сравнению с контролем. Аналогичные изменения установлены при добавлении  $Mn^{2+}$ -сукцината, однако разница между контролем и максимальным содержанием ( $1,0$  мг/л) составляет  $30,3\%$  ( $P < 0,05$ ). При пропорциональном повышении  $Cu^{2+}$ -сукцината величина активности энзима постепенно снижается: при  $0,04$  мг/л – на  $27,3\%$  и  $0,4$  мг/л – на  $58,3\%$  ( $P < 0,05$ ). Выживание спермиев в разбавленной сперме при низких дозах наносукцинатов микроэлементов не изменяется ( $152,0-168,0$  ч), при  $0,1$  мг/л  $Mn^{2+}$ -сукцината повышается на  $12$  ч до  $172,0$  ч, а при максимальных величинах  $Zn^{2+}$ - и  $Cu^{2+}$  – снижается на  $12$  ч по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** микроэлементы, наносукциматы, окислительные процессы, сперми, выживание, эякуляты, быки.

## Oxidative processes intensity and quality of bull semen when adding microelements nanosuccinate compounds

I. Yaremchuk<sup>1</sup>, N. Kuzmina<sup>1</sup>, D. Ostapiv<sup>1</sup>, M. Sharan<sup>1</sup>, S. Kava<sup>2</sup>  
oddost@ukr.net

<sup>1</sup>Institute of Animal Biology of NAAS, Lviv,  
Vasyl Stus Str., 38, Lviv, 79000, Ukraine;

<sup>2</sup>Lviv national university of veterinary medicine and biotechnologies named after S. Gzhytskyj,  
Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine

We investigated influence of organic compounds (succinates) of  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  on the intensity of oxidative processes in sperm and the survival of spermatozoa in bull ejaculates diluted by lactose-yolk-glycerin diluent. Respiration activity in control is  $2.7 \pm 0.44$  ng-atom  $O/min \times 0.1$  ml of semen, and when adding microelements succinate compounds changes and depends on dose and role of microelement in spermatozoa metabolism. When adding  $0.06$  mg/l  $Zn^{2+}$ -succinate, respiration activity is on control level. Dose increase to  $0.6$  mg/l leads to decrease oxygen consumption on  $44.5\%$ , and at highest dose –  $3.0$  mg/l respiration activity is  $1.2 \pm 0.33$  ng-atom  $O/min \times 0.1$  ml of semen. Impact strength of  $Zn^{2+}$ -succinate increasing content in diluted bull sperm on respiration activity is medium ( $\eta = 0.529$ ). Analogically, when adding  $0.004$  mg/l  $Cu^{2+}$ - and  $0.01$   $Mn^{2+}$ -succinate respiratory activity is on control levels: respiration intensity at maximal doses is lower on  $59.3$  and  $66.7\%$  ( $P < 0.01-0.001$ ). Impact strength of  $Cu^{2+}$  and  $Mn^{2+}$ -succinate increasing concentration in diluted bull sperm on respiration activity is medium ( $\eta = 0.544$  and  $0.600$ ). Simultaneously, addition of increasing doses of microelements succinates decreases redox ability on  $0.05-0.11$   $mV/min \times 0.1$  ml of semen. Thus, the number of sperm samples which revealed enhancing the potential of environment increases. Correlation between redox ability and increase of microelement succinates in diluted semen is  $\eta = 0.544-0.831$ . When adding  $Zn^{2+}$ -succinate in dose  $0.06$  mg/l succinate dehydrogenase activity has a decreasing tendency (on  $16.6\%$ ;  $44.2 \pm 8.03$  UI/h  $\times 0.1$  ml of semen), and higher concentrations lowers on  $9.8-20.4\%$  ( $P > 0.05$ ) comparing to control. Analogical changes are registered when adding  $Mn^{2+}$ -succinate, but at maximal dose ( $1.0$  mg/l) decrease is higher ( $30.3\%$  comparing to control ( $P < 0.05$ )).  $Cu^{2+}$ -succinate has a negative effect on succinate dehydrogenase activity – independently from dose activity is lower than in control and is: at  $0.04$  mg/l – on  $27.3\%$  and at  $0.4$  mg/l – on  $58.3\%$  ( $P < 0.05$ ). When adding low doses of succinate microelements to diluent, spermatozoa survival is on control level ( $152.0-168.0$  hours). Addition of  $0.1$  mg/l  $Mn^{2+}$ -succinates increases spermatozoa  $12$  hours to  $172.0$  hours, and at maximal doses of  $Zn^{2+}$ - i  $Cu^{2+}$ -succinate survival lowers on  $12$  hours comparing to control.

**Key words:** microelements, nanosuccinate, oxidative processes, spermatozoa, survival, ejaculate, bull

### Вступ

Якість і запліднювальна здатність сперміїв залежить від фізіологічних характеристик еякулятів бугаїв (Iablonskyi et al., 2009). При цьому, виживання і стійкість статевих клітин до зовнішніх чинників забезпе-

чуються ензимами сперми, які беруть участь у використанні енергетичних субстратів, руйнуванні активних форм Оксигену та знищенні цитотоксичних продуктів обміну. Активність ензимів забезпечується присутністю кофакторів, до яких належать:  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  і  $Mn^{2+}$ . Зокрема,  $Zn^{2+}$  входить в активні центри чис-

ленних ензимів гліколізу й пентозофосфатного шляху окиснення глюкози,  $\text{Cu}^{2+}$  забезпечує активність ензимів дихального ланцюга і протеїназ, а  $\text{Mn}^{2+}$  – ензимів циклу Кребса. Крім того, вказані мікроелементи входять в активні центри першої ланки ензиматичного антиоксидантного захисту – супероксиддисмутази (СОД). Відомо, що СОД існує в сперміях у трьох генетично зумовлених ізоформах, які містять у каталітичному центрі йони:  $\text{Mn}^{2+}$  – мітохондріальний;  $\text{Zn}^{2+}$  і  $\text{Cu}^{2+}$  – цитоплазматичний і екзоцелюлярний (Houston-Ludlam, 2003; Skrzycki and Czebot, 2004; Kuzmina and Ostapiv, 2010). При цьому доведено, що від активності вказаного ензиму та співвідношення його ізозимів, вмісту міді залежить виживання і відповідно запліднювальна здатність статевих клітин (Eghbali et al., 2008).

Оскільки при розрідженні еякулятів знижуються концентрації вказаних йонів, одним зі шляхів нормалізації активності ензимів й забезпечення фізіологічних якостей та запліднювальної здатності сперміїв є додавання кофакторів. Однак, використання мікроелементів у вигляді солей у складі розріджувачів не ефективне. Це зумовлено нетривалим контактом їх зі статевими клітинами після розрідження сперми, низькою проникливістю через мембрани та здатністю включатись у метаболізм. Покращити і забезпечити ефективну дію мікроелементів, нормалізуючи метаболізм сперміїв, можна шляхом використання їх у поєднанні з органічними кислотами, зокрема у вигляді сукцинатів.

*Мета досліджень* – вивчити вплив органічної форми  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Zn}^{2+}$  у вигляді наносукцинату на інтенсивність окисних процесів у спермі та виживання сперміїв, розріджених лактозо-жовтково-гліцериним розріджувачем еякулятів бугаїв.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені в Інституті біології тварин НААН, Львівському національному університеті ветеринарної медицини та біотехнологій імені

С.З. Гжицького та ЛНВЦ «Західплемресурси». Сперму отримували на штучну вагіну з режимом використання бугаїв дуплетна садка два рази на тиждень. Для досліджень відібрані еякуляти ( $n = 17$ ) об'ємом 2–6 мл, концентрацією –  $0,7\text{--}1,5 \times 10^9$  клітин/мл та активністю 7,5–8,0 бала сперміїв. Сперму, розріджену лактозо-жовтково-гліцериним розріджувачем, ділили на частини: контрольну – без додавання та дослідні – з додаванням наносукцинатів мікроелементів:  $\text{Zn}^{2+}$  – 0,06, 0,6 і 3,0;  $\text{Cu}^{2+}$  – 0,004, 0,04 та 0,4;  $\text{Mn}^{2+}$  – 0,01, 0,1 і 1,0 мг/л. Синтез сполук металів з сукцинатом здійснено з використанням аквананотехнології Українським державним науково-дослідним інститутом нанотехнологій і ресурсозбереження (м. Київ).

Визначали: виживання сперміїв (год) за температури 2–4 °С до припинення поступального руху, дихальну активність – полярографічно (нг-атом  $\text{O}/\text{хв} \times 0,1$  мл сперми) за температури 38,5 °С (Lukjanova et al., 1982) і відновну здатність – потенціометрично ( $\text{mV}/\text{хв} \times 0,1$  мл сперми) (Shtol'c et al., 1980), активність сукцинатдегідрогенази (СДГ;  $\text{од}/\text{год} \times 0,1$  мл сперми) (Chukhrii and Klevets, 1978). Інтенсивність дихання і відновну здатність сперми досліджували у фосфатно-сольовому буфері ( $\text{NaCl}$ –0,8 г,  $\text{KCl}$ –0,02 г,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ –0,11 г,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ –0,02 г,  $\text{MgCl}_2$ –0,01 г,  $\text{H}_2\text{O}$  до 100 мл). Статистичний аналіз цифрового матеріалу проведено за М.О. Плохінським (Plohinskij, 1969).

### Результати та їх обговорення

Дихальна активність сперми у контролі –  $2,7 \pm 0,44$  нг-атом  $\text{O}/\text{хв} \times 0,1$  мл сперми, а за додавання мікроелементів у вигляді наносполуки з сукцинатом змінюється неоднозначно і залежить від дози в розріджувачі й ролі окремого мікроелемента в обмінних процесах сперміїв. Так, додавання 0,06 мг/л  $\text{Zn}^{2+}$ -сукцинату в розріджену сперму майже не змінює дихальну активність, яка становить  $2,3 \pm 0,43$  нг-атом  $\text{O}/\text{хв} \times 0,1$  мл сперми (табл. 1).

Таблиця 1

### Інтенсивність окисних процесів у спермі бугаїв за додавання наносукцинатів металів у лактозо-жовтково-гліцериний розріджувач, $\text{M} \pm \text{m}$

Умови досліджу	мг/л	n	Дихальна активність, нг-атом $\text{O}/\text{хв} \times 0,1$ мл сперми	Відновна здатність, $\text{mV}/\text{хв} \times 0,1$ мл сперми			
				n	зниження	n	зростання
Контроль	-----	17	$2,7 \pm 0,44$	6	$0,12 \pm 0,03$	2	$0,09 \pm 0,03$
За додавання наносукцинатів: $\text{Zn}^{2+}$	3,0	3	$1,2 \pm 0,33^*$	-	-	3	$0,10 \pm 0,05$
	0,6	3	$1,5 \pm 0,40$	-	-	3	$0,06 \pm 0,04$
	0,06	3	$2,3 \pm 0,43$	-	-	3	$0,03 \pm 0,03$
	$\eta$		0,529		-		0,544
$\text{Cu}^{2+}$	0,4	3	$1,1 \pm 0,21^{**}$	-	-	3	$0,11 \pm 0,01$
	0,04	3	$1,5 \pm 0,37^*$	-	-	3	$0,12 \pm 0,02$
	0,004	3	$2,6 \pm 0,64$	1	$0,04 \pm 0,00$	2	$0,001 \pm 0,001$
	$\eta$		0,544		-		0,776
$\text{Mn}^{2+}$	1,0	3	$0,9 \pm 0,12^{***}$	1	$0,01 \pm 0,00$	3	$0,01 \pm 0,001$
	0,1	3	$1,3 \pm 0,38^*$	1	$0,07 \pm 0,00$	2	$0,01 \pm 0,001$
	0,01	3	$2,0 \pm 0,48$	2	$0,07 \pm 0,02$	1	$0,01 \pm 0,000$
	$\eta$		0,600		-		0,831

Примітка. Різниця статично вірогідна порівняно з контролем: \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$

Збільшення до 0,6 мг/л Zn<sup>2+</sup>-сукцинату в розріджених еякулятах на 44,5% знижує інтенсивність дихання, яка за 3,0 мг/л – становить 1,2 ± 0,33 нг-атом O/хв×0,1 мл сперми. Різниця між контролем і максимальною дозою Zn<sup>2+</sup>-сукцинату – 55,6% (P < 0,05), а сила впливу зростаючого вмісту комплексної сполуки в розрідженій спермі на дихальну активність середньої сили (η = 0,529).

Додавання Cu<sup>2+</sup> і Mn<sup>2+</sup>-сукцинату в розріджені еякуляти бугая проявляє подібну залежність. За 0,004 мг/л Cu<sup>2+</sup>-сукцинату і 0,01 мг/л Mn<sup>2+</sup>-сукцинату дихальна активність сперми перебуває в межах 2,0–2,6 нг-атом O/хв×0,1 мл сперми. Збільшення вмісту вказаних наносукцинатів мікроелементів у 10 разів у розріджених еякулятах інгібує відповідно на 44,5 і 51,9% (P < 0,05) дихальну активність. Збільшення ще в 10 раз вмісту Cu<sup>2+</sup> і Mn<sup>2+</sup>-сукцинатів характеризує найнижчу дихальну активність сперми (відповідно, 0,9–1,1 нг-атом O/хв×0,1 мл сперми). Величина значення досліджуваного показника менша відповідно на 59,3 і 66,7% (P < 0,01–0,001) порівняно з контролем. Сила впливу зростаючого вмісту Cu<sup>2+</sup> і Mn<sup>2+</sup>-сукцинатів в розрідженій спермі на дихальну активність середньої сили (відповідно, η = 0,544 і 0,600).

Одночасно за додавання пропорційно наростаючих доз наносукцинатів мікроелементів в розрідженій спермі знижується відновна здатність на 0,05–0,11 мV/хв×0,1мл сперми. При цьому зі збільшенням вмісту вказаних сполук у розрідженій спермі зростає кількість зразків, у яких виявлено підвищення потенціалу середовища. Залежність відновної здатності від збільшення доз наносукцинатів мікроелементів у розрідженій спермі – η = 0,544–0,831.

Активність СДГ за додавання 0,06 мг/л Zn<sup>2+</sup>-сукцинату в розріджені еякуляти проявляє тенденцію до підвищення (на 16,6%; 44,2 ± 8,03 од/год×0,1 мл сперми), а за вищого вмісту – до зниження на 9,8–20,4% (P > 0,05) порівняно з контролем. Аналогічні зміни встановлені за додавання Mn<sup>2+</sup>-сукцинату, однак різниця між контролем та максимальним вмістом (1,0 мг/л) становить 30,3% (P > 0,05; табл. 2). Cu<sup>2+</sup>-сукцинат проявляє токсичний вплив на СДГ. За пропорційного підвищення дози вказаної сполуки величина активності ензиму поступово знижується: за 0,04 мг/л – на 27,3% і за 0,4 мг/л – на 58,3% (P < 0,05).

Таблиця 2

**Фізіологічні характеристики спермій за додавання наносукцинатів металів у лактозо-жовтково-гліцеринний розріджувач еякулятів бугаїв, M ± m**

Умови досліджу	мг/л	n	СДГ, од/год×0,1 мл сперми	n	Вживання, год
Контроль	-----	17	37,9 ± 4,29	17	160,9 ± 4,63
За додавання наносукцинатів: Zn <sup>2+</sup>	3,0	6	34,2 ± 5,82	6	148,0 ± 6,73
	0,6	6	30,2 ± 7,34	6	152,0 ± 9,28
	0,06	6	44,2 ± 8,03	6	152,0 ± 9,24
	η		0,244		0,262
Cu <sup>2+</sup>	0,4	6	16,0 ± 4,05*	6	148,0 ± 6,73
	0,04	6	27,7 ± 6,53	6	164,0 ± 11,89
	0,004	6	36,8 ± 7,57	6	156,0 ± 9,38
	η		0,460		0,244
Mn <sup>2+</sup>	1,0	6	26,7 ± 6,42	6	172,0 ± 10,46
	0,1	6	30,8 ± 4,47	6	172,0 ± 6,73
	0,01	6	38,3 ± 8,39	6	168,0 ± 8,00
	η		0,268		0,250

Примітка. Різниця статично вірогідна порівняно з контролем: \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; \*\*\* P < 0,001

Вживання спермій у середовищі розрідження за низьких доз сукцинатів мікроелементів не змінюється і перебуває на рівні контролю (152,0–168,0 год). Використання 0,1 мг/л Mn<sup>2+</sup>-сукцинату в розрідженій спермі підвищує на 12 год вживання спермій і за дози 1,0 мг/л – величина показника становить 172,0 год. Збільшення ж вмісту Zn<sup>2+</sup> і Cu<sup>2+</sup>-сукцинатів до максимальних доз зумовлює тенденцію до зниження вживання спермій на 12 год порівняно з контролем.

**Висновки**

Додавання в розріджувач еякулятів бугаїв наносукцинатів мікроелементів впливає на інтенсивність окисних процесів у спермі, вживання й активність ензиму-маркера запліднювальної здатності спермій. Оптимальними концентраціями, які забезпечують

нормалізацію окисних процесів і високе вживання спермій у розрідженій спермі бугаїв, є: 0,1 мг/л Mn<sup>2+</sup>–, 0,04 мг/л Cu<sup>2+</sup>– і 0,6 мг/л Zn<sup>2+</sup>-наносукцинатів. Збільшення концентрацій наносукцинатів мікроелементів в розріджувачі більше за оптимальні величини інгібує дихальну активність сперми, а за 0,4 мг/л Cu<sup>2+</sup>-сукцинату знижує активність сукцинатдегідрогенази (P < 0,05).

**Бібліографічні посилання**

Iablonskyi, V.A., Khomyn, S.P., Zaviriukha, V.I., Demchuk, M.V. (2009). Biotekhnolohichni i molekuliarno-henetychni osnovy vidtvorennia tvaryn. Lviv: Afisha (in Ukrainian)  
Houston-Ludlam, G. (2003). Cu/Zn Superoxide Dismutase: A Key Player in the Antioxidant Defense System. Genetics. BSCI 230.

- Skrzycki, M., Czeczot, H. (2004). Extracellular superoxide dismutase (EC-SOD) – structure, properties and functions. *Postepy Hig. Med. Dosw.* 24(58), 301–311.
- Kuzmina, N.V., Ostapiv, D.D. (2010). Izofermenty SOD u rozridzhenykh eiakuliatakh buhaiv. *Rozvedennia i henetyka tvaryn.* 44, 107–108 (in Ukrainian)
- Eghbali, M., Alavi-Shoushtari, S.M., Rezaii, S.A. (2008). Effects of copper and superoxide dismutase content of seminal plasma on buffalo semen characteristics. *Pak. J. Biol. Sci.* 11, 1964–1968.
- Lukjanova, L.D., Balmuhanov, B.S., Ugolev, L.T. (1982). *Kislородzavisimye processy v kletke i ee funkcional'noe sostojanie.* M.: Nauka (in Russian).
- Shtol'c, K.F., Mosolova, I.M., Dronova, L.A. (1980). *Amperometricheskoe opredelenie ferrocianida v prisutstvii subkletochnyh struktur.* *Biohimicheskie metody.* M.: Nauka, 147–150 (in Russian).
- Chukhrii, B.M., Klevets, L.O. (1978). *Do metodyky vyznachennia aktyvnosti oksyliuvalnykh fermentiv u spermi buhaiv. Rozvedennia ta shtuchne osimeninnia velykoi rohatoi khudoby.* Kyiv. 10, 42–45 (in Ukrainian)
- Plohinskij, N.A. (1969). *Rukovodstvo po biometrii dlja zootehnikov.* M.: Kolos (in Russian).

*Стаття надійшла до редакції 27.03.2017*