УДК: 678.048:57.058:546.47

АКТИВНІСТЬ ЕНЗИМІВ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ В ТКАНИНАХ ПОРОСЯТ ЗА РІЗНОГО РІВНЯ ЦИНКУ В РАЦІОНІ

О. М. Сеньків, Р. Я. Іскра, І. М. Мартинишин, О. М. Бучко,
І. Я. Максимович, Н. Л. Цепко
adaptation@inenbiol.com.ua

Інститут біології тварин НААН, вул. Стуса, 38, Львів, 79034, Україна

У статті представлені результати впливу різних доз Цинку на активність ензимів антиоксидантного захисту (каталази, глутатіонпероксидази) в тканинах поросят. Дослідження проведені на молодняку поросят, які були розділені на чотири групи по 10–12 голів. Починаючи з 28-(доба відлучення) і до 120-добового віку до комбікорму, який збалансований за усіма біологічно активними речовинами для поросят, додатково вводили Цинк у вигляді цинку сульфату ($ZnSO_4$•$7H_2O$). Контрольна група тварин отримувала раціон з вмістом Цинку 60 мг/кг комбікорму, в раціоні тварин І дослідної групи вміст Цинку складав 30 мг/кг (наявний у комбікормі), ІІ дослідної групи — 90 мг/кг комбікорму, а ІІІ — 120 мг/кг комбікорму. Поросятам комбікорм згодовували вволю з вільним доступом до води.

У результаті досліджень встановлено зростання каталазної та глутатіонпероксидазної (ГП) активності тканин скелетних м'язів та печінки у поросят ІІ і ІІІ дослідних груп стосовно контролю та зниження активності досліджуваних ензимів у тканинах поросят І дослідної групи. Проте, при вивчені активності ензимів у тканині селезінки, було встановлено, що вона збільшувалось у тварин І дослідної групи та зменшувалось у тварин ІІ та ІІІ дослідних груп. Отримані дані свідчать про те, що в період з 28- до 120-добового віку оптимальним вмістом Цинку, за яким була встановлена позитивна дія на ензими системи антиоксидантного захисту в тканинах поросят, була доза в кількості 90 мг/кг корму.

Ключові слова: ПОРОСЯТА, ЦИНК, СКЕЛЕТНІ М'ЯЗИ, СЕЛЕЗІНКА, ПЕЧІНКА, НИРКИ, КАТАЛАЗА, ГЛУТАТІОНПЕРОКСИДАЗА

ACTIVITES OF ENZYMES ANTIOXIDANT DEFENCE IN TISSUES OF PIGLETS FOR ACTIONS OF DIFFERENT LEVEL OF ZINC

O. M. Senkiv, R. Ya. Iskra, I. M. Martynyshyn, O. M. Buchko,
I. Ya. Maksymovych, N. L. Tsepko
adaptation@inenbiol.com.ua

Institute of Animal Biology NAAS, st. Stus, 38, Lviv, 79034, Ukraine

The article shows the results of the influence of different level of zinc on the activity of enzymes of antioxidant deffence (catalase, glutathione peroxidase) in the tissues of piglets. Studies were conducted on young animals piglets, which were divided into four groups of 10–12 animals. To conduct the experiment, category of piglets aged from 28-day-old to 120-day-old respectively were selected and fed with the formula feed which is balanced in all biologically active compounds for pigs were injected with additional zinc, sulphate ($ZnSO_4$• H_2O) in paticular. The control group of animals received a diet containing 60 mg/kg zinc in the diet and the second experimental group the amount of zinc was 30 mg/kg (available in the formula feed), the second experimental group — 90 mg/kg, and the third — 120 mg/kg. The piglets were supplied with unlimited amount of formula feed and water during the experiment.

As a result of research it was established the increased activity of catalase and glutathione peroxidase (GP) in the tissues of skeletal muscle and liver in piglets II and III research groups in controlling and reducing the activity of the studied enzymes in piglets of I experimental group. However, in the process of studying the

activity of enzymes in spleen tissue, we have found it was increasing in animals of I group, and it was decreasing the animals II and III experimental group. Obtained data indicate that between 28-day-old to 120-day-old daily piglets' the optimal zinc dose on which was set a positive effect on the enzymes of antioxidant system in tissues of piglets was the amount of 90 mg/kg dose of formula feed.

Keywords: PIGLETS, ZINC, SCELETES MUSCUL, LIVER, BUDS, CATALASA, HLUTATIONPEROKSYDASA

АКТИВНОСТЬ ЭНЗИМОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ В ТКАНЯХ ПОРОСЯТ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ЦИНКА В РАЦИОНЕ

О. Н. Сенькив, Р. Я. Искра, И. М. Мартинишин, О. М. Бучко, И. Я. Максимович, Н. Л. Цепко
adaptation@inenbiol.com.ua

Институт биологии животных НААН, ул. В. Стуса, 38, 79034, г. Львов, Украина

В статье представлены результаты влияния различных доз цинка на активность энзимов антиоксидантной защиты (каталазы, глутатионпероксидазы) в тканях поросят. Исследования проведены на молодняке поросят, которые были разделены на четыре группы по 10-12 голов. Начиная с 28-суточного (отъем) и до 120-суточного возраста в комбикорм, который сбалансирован по всем биологически активным веществам, дополнительно вводили Цинк в виде цинк сульфата ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$). Контрольная группа животных получала рацион с содержанием Цинка 60 мг/кг комбикорма, в рационе животных I опытной группы содержание Цинка составляло — 30 мг/кг (наличный в комбикорме), II опытной группы — 90 мг/кг, а III опытной группы — 120 мг/кг. Комбикорм поросятам скармливали вволю со свободным доступом к воде.

В результате исследований установлено возрастание каталазной и глутатионпероксидазной (ГП) активности в тканях скелетных мышц и печени в поросят II и III опытных групп относительно контроля и снижение активности исследуемых энзимов в тканях животных I опытной группы. Однако при изучении активности энзимов в ткани селезенки, нами было установлено, что их активность увеличивалась у животных I опытной группы, и уменьшалась у поросят II и III опытных групп. Полученные данные свидетельствуют о том, что в период с 28 до 120-суточного возраста оптимальным содержанием Цинка, по которому было установлено положительное действие на энзимы системы антиоксидантной защиты в тканях поросят, была доза 90 мг/кг корма.

Ключевые слова: ПОРОСЯТА, ЦИНК МЯЗЫ, СЕЛЕЗЕНКА, ПЕЧЕНЬ, ПОЧКИ, КАТАЛАЗА, ГЛУТАТИРНПЕРОКСИДАЗА

Життя живих організмів забезпечується цілим рядом фізіологічних і біохімічних процесів, які регулюються надходженням поживних речовин, їх використанням, одержанням енергії для синтезу власного пластичного матеріалу та виділенням продуктів обміну. Поживні речовини, до яких належать і мікроелементи, необхідні для процесів росту та розвитку тварин. Одне з ключових місць серед них займає Цинк, який відноситься до незамінних мікроелементів, та активно бере участь в метаболічних процесах [1, 2]. Внаслідок здатності Цинку брати участь у процесах лігандоутворення з органічними молекулами він поширений у різних біологічних системах. Цинк бере участь в експресії генів та метаболізмі нуклеїнових кислот, а таким чином — у процесах росту і диференціації клітин. Цинк також є структурним компонентом клітинних рецепторів, протеїнів, входить до складу понад 200 ензиматичних систем, що регулюють метаболічні процеси. Зокрема, Цинк є структурним компонентом РНК- і ДНК-полімераз, алкогольдегідрогенази, карбоксипептидази А і В, піруваткінази,

супероксиддисмутази та багатьох інших ензимів [1–3].

У клітинах Цинк, здебільшого, присутній у складі стійких біокомплексів, в яких він координаційно міцно зв'язаний з ендогенними органічними лігандами. Це зумовлюється високою здатністю мікроелемента утворювати хелатні структури і, таким чином, брати безпосередню участь у функціонуванні різних біологічних систем. Необхідно зазначити, що здатність Цинку до утворення біокомплексів супроводжується відносною безпечністю цього мікроелемента для біомолекул [1, 3].

У поросят за дефіциту організмі Цинку і вітаміну А, особливо на фоні надлишку Кальцію, сповільнюється їх ріст і розвиток, виникає паракератоз шкіри, а також анемія, катар шлунково-кишкового тракту, порушення функції печінки [1]. На сьогодні проведено багато досліджень за встановлення оптимального рівня Цинку в раціоні поросят, проте на сьогоднішній час немає одностайної думки щодо цього питання [4–6]. У літературі виявлено дуже великі коливання рівня цього мікроелемента в раціоні поросят від 60–180 мг/кг [3, 7]. Тому, метою наших досліджень було вивчити вплив різних доз Цинку в раціоні поросят на активність ензимів антиоксидантного захисту в тканинах організму.

Матеріали і методи

Дослідження проводили у ТзОВ «Прогрес-Плюс» Львівської області. Було підібрано чотири групи поросят великої білої породи, 28-добового віку, по 10–12 тварин у кожній. Відлучення поросят проводили на 28-му добу життя. Починаючи з 28- до 120-добового віку до комбікорму, який був збалансований за усіма біологічно активними речовинами для поросят, додатково вводили Цинк у вигляді цинк сульфату ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$). Контрольна група тварин отримувала раціон з вмістом Цинку 60 мг/кг комбікорму, в раціоні тварин I дослідної групи вміст Цинку складав 30 мг/кг комбікорму (наявний у комбікормі), II дослідній групі — 90 мг/кг комбікорму, а в III — 120 мг/кг комбікорму. Поросятам комбікорм згодовували вволю з вільним доступом до води.

Матеріал для дослідження відбирали після забою поросят на 28-, 60-, 90- та 120-ту доби життя. Відібрані зразки тканин скелетних м'язів, селезінки, печінки та нирок гомогенізували за загальноприйнятими методиками [8]. Середовищем для гомогенізації був охолоджений 5 мМ трис-HCL буфер pH 7,4, при чому кінцеве розведення гомогенату становило 1:9. У гомогенатах тканин проводили визначення каталазної активності за методом Королюка М. А. [9] та глутатіонпероксидазної активності за методом Моіна В. М. [10]. Одержані цифрові дані опрацьовували статистично з використанням t-критерію Стюдента.

Результати й обговорення

У результаті проведених досліджень каталазної активності в тканинах скелетних м'язів не було встановлено вірогідних різниць між групами тварин на 28-му добу життя (табл. 1). Проте починаючи з 60-ї доби і до закінчення дослідного періоду відмічено пряму залежність між вмістом Цинку в раціоні поросят та каталазною активністю скелетних м'язів тварин. Так, у I дослідній групі тварин на 60- та 90-ту доби життя спостерігалась лише динаміка до зниження каталазної активності, проте на 120-ту добу життя вірогідне зниження склало 9,4 % ($p<0,05$) стосовно контролю.

Що стосується тварин, яким згодовували комбікорм з вмістом Цинку 90 мг/кг комбікорму (II дослідна група), встановлено зростання активності ензиму на 60- та 90-ту доби, відповідно на 15 ($p<0,01$) і 11,1 % ($p<0,05$) стосовно контрольної групи (табл. 1).

Подібні зміни спостерігаються й у поросят III дослідної групи, а саме, встановлено зростання каталазної активності скелетних м'язів на 60-ту добу життя на 9,2 % ($p<0,05$) порівняно з

контролем. Підвищення активності згаданого ензиму антиоксидантного захисту у м'язах тварин II та III дослідних груп може відбуватися внаслідок активації анаболічних процесів опосередковано через інсулін.

За визначення глутатіонпероксидазної (ГП) активності в тканинах скелетних м'язів (табл. 1) нами також була відмічена пряма залежність між її активністю та рівнем Цинку в раціоні тварин. А саме, за зниження його кількості в комбікормі на 50 % вірогідно знижувалась ГП активність на 90- і 120-ту доби відповідно на 15,9 ($p<0,05$) та 17,1 % ($p<0,05$) стосовно контролю. Така активність ензиму в I дослідній групі, можливо, пов'язана з гальмуванням антиоксидантого захисту, що опосередковано можна пояснити зниженням стабілізації інсуліну через недостатню кількість Цинку. Як відомо, інсулін володіє антагоністичними властивостями до кортизолу — стресового гормону, який активує процеси пероксидації ліпідів та знижує активність ензимів антиоксидантного захисту [2, 11]. Відповідно при нестачі в раціоні поросят Цинку в організмі знижується його накопичення у формі комплексів з молекулами інсуліну всередині секреторних гранул панкреатичних β-клітин, що, в свою чергу, сприяє прояву біологічної дії кортизолу [2].

Таблиця 1

Каталазна та глутатіонпероксидазна активність скелетних м'язів поросят за впливу різних доз Цинку

Група тварин	Доба життя			
	28	60	90	120
	Каталаза (ммоль/хв·мг протеїну, M±m; n=3–5)			
К	4,11±0,72	3,58±0,08	3,40±0,10	2,60±0,12
I – Д	4,09±0,05	3,50±0,18	3,10±0,37	2,26±0,05*
II – Д	3,98±1,04	4,12±0,12**	3,78±0,12*	2,73±0,21
III – Д	4,02±0,73	3,91±0,11*	3,55±1,02	2,68±0,32
	Глутатіонпероксидаза (нмоль/хв·мг протеїну, M±m; n=3–5)			
К	28,97±1,62	21,81±1,11	20,88±1,67	16,68±0,53
I – Д	31,11±0,63	19,27±2,16	16,11±1,02*	13,13±1,28*
II – Д	27,97±3,09	25,86±1,17*	26,58±1,59*	21,18±1,16**
III – Д	28,55±1,27	24,60±0,41*	21,76±2,67	18,99±0,77*

Примітка: У таблицях: * — вірогідність відмінностей у значеннях показників між контрольною та дослідними групами тварин (* — $p<0,05$, ** — $p<0,01$, *** — $p<0,001$)

Що стосується II дослідної групи, де рівень Цинку в раціоні тварин був вищим на 50 % стосовно контрольної групи, спостерігалося вірогідне зростання активності ГП у тканинах скелетних м'язів на 60-, 90- та 120-ту доби життя відповідно на 22 ($p<0,05$), 19,0 ($p<0,05$) та 21,7 % ($p<0,01$) стосовно контрольної групи поросят. У скелетнних м'язах тварин III дослідної групи, де рівень Цинку був вищим в два рази стосовно контролю, було відмічено також зростання активності ГП, проте ці дані були нижчі аналогічного показника поросят II дослідної групи. А саме, на 60-ту добу життя активність ензиму в згаданій тканині зросла на 16,1 % ($p<0,05$), а на 120-ту добу — на 11,1 % ($p<0,05$) стосовно контролю.

Також слід відзначити, що ГП та каталазна активності в скелетних м'язах поросят поступово знижувалася у віковому аспекті. Це пов'язано з посиленням у м'язах гліколітичних процесів в ході онтогенезу. Таким чином, у міру функціонального дозрівання м'язів і активації в них анаеробних процесів відпадає необхідність в підтримці високої антиоксидантної активності [12].

Досліджуючи каталазну активність селезінки, було встановлено, що в період відлучення поросят від свиноматки в різних дослідних групах тварин, вона знаходиться на однаковому рівні (табл. 2). Що стосується тварин I дослідної групи, то тут вірогідних змін не виявлено, лише спостерігалася динаміка до зростання активності ензиму

протягом усього дослідного періоду порівняно до контролю. У тварин II дослідної групи спостерігалося зниження каталазної активності стосовно контролю на 40,3 ($p<0,05$), 17,5 ($p<0,05$) та 9 % ($p<0,05$) відповідно до днів дослідження. У III дослідній групі зниження активності ензиму порівняно до контролю склало 19,4 % ($p<0,05$) — на 90-ту добу та на 24,5 % ($p<0,05$) — на 120-ту добу життя.

Глутатіонпероксидазна активність селезінки зворотно залежала від рівня Цинку в раціоні тварин. Так, за зростання в ньому концентрації цього мікроелемента активність ензиму знижувалася, а за зниження концентрації Цинку — навпаки підвищувалась протягом усього дослідного періоду. У I дослідній групі (табл. 2) спостерігалося вірогідне зростання активності ГП на 60-ту добу життя — на 11,6 % ($p<0,05$). У II та III дослідних групах було відмічено зниження активності цього ензиму. Так, у II дослідній групі вона знижувалась на 11,7 % ($p<0,05$) на 60 добу життя та на 9,2 % ($p<0,05$) — на 120-ту добу життя стосовно контролю.

Таблиця 2

Каталазна та глутатіонпероксидазна активність селезінки поросят за впливу різних доз Цинку

Група тварин	Доба життя			
	28	60	90	120
	Каталаза (ммоль/хв·мг протеїну, M±м; n=3–5)			
К	5,05±0,19	2,63±0,43	2,62±0,13	3,30±0,34
I – Д	4,65±1,11	2,58±0,78	2,87±0,86	3,34±0,55
II – Д	5,68±0,78	1,57±0,15*	2,16±0,11*	2,08±0,20*
III – Д	6,18±0,76	2,37±0,21	2,11±0,12*	2,49±0,06*
Глутатіонпероксидаза (нмоль/хв·мг протеїну, M±м; n=3–5)				
К	39,72±1,93	28,50±0,78	38,62±0,60	32,11±0,67
I – Д	37,08±0,79	31,81±1,18*	40,34±2,11	34,15±2,43
II – Д	38,13±1,11	25,16±1,13*	35,64±2,34	29,16±1,02*
III – Д	37,98±0,67	27,84±2,18	35,02±1,32*	28,40±1,43*

Що стосується III дослідної групи, то на 90- і 120-ту доби спостерігалося зниження активності ензиму відповідно на 9,3 ($p<0,05$) та 11,5 % ($p<0,01$) стосовно контрольної групи. Зменшення активності антиоксидантних ензимів у тканині селезінки можна пояснити тим, що підвищення концентрації Цинку в раціоні призводить до того, що він як антиоксидант сам гальмує вільнорадикальні процеси в цій тканині, де, можливо, продукти вільнорадикальних процесів містяться в незначній кількості і цим самим відпадає необхідність в підвищенні активації ензимів системи антиоксидантного захисту [11, 13].

Каталазна активність печінки залежить від рівня Цинку в раціон поросят. Так, вміст Цинку в кормі у кількості 30 мг/кг викликав вірогідне зниження активності каталази стосовно контрольної групи на 90-ту добу життя на 12,1 % ($p<0,05$), проте в II та III дослідних групах, де рівень Цинку склав 90 та 120 мг/кг корму раціону, відмічалося вірогідне зростання активності ензиму протягом усього дослідного періоду. Так, у II дослідній групі активність каталази на 60-, 90- і 120-ту доби підвищувалась відповідно на 30,6 ($p<0,05$), 27,9 ($p<0,01$) та на 22,9 % ($p<0,05$), а в III дослідній групі — на 29,5 ($p<0,05$) на 60-ту та 18,3 % ($p<0,05$) на 120-ту доби життя (табл. 3).

Досліджуючи ГП активність печінки, отримали подібну картину, яка була встановлена за вивчення активності каталази (табл. 3). Тобто, низький рівень Цинку в раціоні тварин викликав вірогідне зниження активності ензиму стосовно контролю в I дослідній групі на 60-, 90- і 120-ту доби відповідно на 7,5 ($p<0,05$), 11,4 ($p<0,05$) та 21,0 % ($p<0,05$). Проте в II та III дослідних групах відмічено вірогідне зростання активності ензиму стосовно контролю протягом усього дослідного періоду. У II дослідній групі ГП активність на 60-, 90- і 120-ту доби життя підвищувалась відповідно на 13,5 ($p<0,05$), 17,9 ($p<0,01$) та

18,8 % ($p<0,05$) порівняно до аналогічного показника тварин контрольної групи. У ІІІ дослідній групі спостерігалася лише динаміка до зростання активності ГП в тканині печінки поросят. За додавання Цинку до раціону в дозі 90 та 120 мг/кг комбікорму спостерігалося посилення активації антиоксидантних ензимів, що опосередковано може свідчити про більш виражений вплив анаболічного гормону інсуліну, який стабілізується за достатньої кількості Цинку. Як відомо, інсулін інгібує виділення кортизолу, функцією якого є активація пероксидного окиснення ліпідів та пригнічення активації ензимів антиоксидантного захисту [2, 11].

Таблиця 3

Каталазна та глутатіонпероксидазна активність печінки поросят за впливу різних доз Цинку

Група тварин	Доба життя			
	28	60	90	120
	Каталаза (ммоль/хв·мг протеїну, М±м; n=3–5)			
К	4,63±0,44	3,82±0,43	3,29±0,12	3,70±0,21
І – Д	4,02±0,11	3,64±1,12	2,89±0,07*	3,66±0,31
ІІ – Д	4,07±0,21	4,99±0,24*	4,21±0,24**	4,55±0,20*
ІІІ – Д	4,53±0,33	4,95±0,22*	3,58±0,45	4,38±0,14*
Глутатіонпероксидаза (нмоль/хв·мг протеїну, М±м; n=3–5)				
К	42,11±0,12	32,42±0,86	26,32±1,15	18,32±1,23
І – Д	44,13±1,14	29,98±0,55*	23,32±0,56*	14,47±1,08*
ІІ – Д	40,67±1,20	36,75±1,11*	31,05±1,05*	21,78±0,83*
ІІІ – Д	41,45±2,66	34,17±3,20	28,56±2,38	19,07±1,78

Біохімічні процеси, які лежать в основі функціонування печінки, пов'язані з роллю цього органу у формуванні і забезпеченні резистентності та детоксикаційної здатності організму. Морфологія печінкової тканини і її хімічний склад дає змогу цьому органу виконувати роль прямої або опосередкованої ланки між різними ланками обміну речовин [2]. Слід відзначити, що в печінці синтезується і відновлюється основний пул відновленого глутатіону організму, який необхідний для активації ГП, а також вона є основним депо Zn, звідки він надходить до інших органів і використовується для забезпечення потреб організму [12, 13]. З сказаного вище, а також враховуючи результати наших досліджень, можна зробити висновок про зростання активності досліджуваних антиоксидантних ензимів у печінці за дії підвищених доз Цинку, що може свідчити про більшу опірність організму поросят до знешкодження токсичних продуктів, які надходять з кормом.

Таблиця 4

Каталазна та глутатіонпероксидазна активність нирок поросят за впливу різних доз Цинку

Група тварин	Доба життя			
	28	60	90	120
	Каталаза (ммоль/хв·мг протеїну, М±м; n=3–5)			
К	2,32±0,44	1,82±0,43	2,29±0,72	1,70±0,18
І – Д	2,22±0,11	1,88±1,12	2,20±0,53	1,66±0,31
ІІ – Д	2,37±0,21	1,99±0,24	2,21±0,11	1,55±0,11
ІІІ – Д	2,23±0,33	1,95±0,22	2,18±0,15	1,68±0,10
Глутатіонпероксидаза (нмоль/хв·мг протеїну, М±м; n=3–5)				
К	22,11±1,12	31,42±0,86	35,32±0,67	25,32±0,79
І – Д	22,13±1,14	29,98±0,55	36,65±1,75	24,47±0,54
ІІ – Д	20,67±1,09	30,75±0,81	35,05±0,95	25,78±0,34
ІІІ – Д	21,45±0,66	32,17±2,20	34,96±0,88	24,07±1,22

Активність каталази в тканині нирок досліджуваних груп поросят протягом усього дослідного періоду була досить стабільною і не залежала ні від рівня Цинку в раціоні, ні від віку тварин. Подібна ситуація спостерігалося і за визначення активності ГП в цій тканині (табл. 4).

У результаті проведених досліджень встановлено, що активність ензимів каталази та глутатіонпероксидази в тканинах скелетних м'язів та печінки прямо пропорційно залежить від рівня Цинку в раціоні тварин, проте обернено пропорційно в тканині селезінки. Що стосується тканин нирки, то залежності між вмістом Цинку в раціоні та активністю досліджуваних ензимів виявлено не було, можливо, це пов'язано з видовою специфікою цієї тканини.

Висновки

1. Згодовування поросятам сульфату цинку в кількостях 90 та 120 мг Zn/корму зумовлює зростання активності каталази та глутатіонпероксидази у тканинах печінки та скелетних мязів, в той час як у селезінці — активність цих ензимів знижується.

2. Оптимальним вмістом Цинку, за яким була встановлена позитивна дія на ензими системи антиоксидантного захисту в тканинах поросят, була доза в кількості 90 мг/кг корму.

Перспективи подальших досліджень. Планується вивчення впливу різних доз Цинку в раціоні свиней різного віку на рівень показників вільнорадикальних процесів в їх організмі. Отримані дані будуть використані для удосконалення норм годівлі свиней по Цинку.

1. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc / National Academy of Science. Institute of Medicine. *Food and Nutrition* Board, 2001. 722 p.

2. Antonjak G. L., Vazhnenko O. V., Bovt V. D., Stefanyshyn O. M., Panas N. Je. Biologichna rol cynku v organizmi ljudyny i tvaryn [Biological role of Zinc in humans and animals]. *Biolohiya tvaryn — The animal biology*, 2011, vol. 13, no 1–2, pp. 17–31 (in Ukrainian).

3. Mateos G. G., Lazaro R., Valencia D.G, Vicente B. Novye perspektyvy v myneral'nom pytanyy dlja svynej [New Projects prospects in Mineralnye nutrition for pigs]. *Efektivni kormi ta godivlja — Effective food and feeding,* 2006, no 2, pp. 9–19 (in Russian).

4. Brjus Mulan, Hernandes Arakeli, D'Suza Dierril Sovremennye podhody k kormleniju svinej: mikroelementy, metabolizm i okruzhajushhaja sreda [Modern approaches to feeding pigs microelements, metabolism and environment]. *Efektivne tvarinnictvo — Effective livestock*, 2007, no 2 (18), pp. 41–48 (in Rusian).

5. Klouz V. Organicheskie mineraly dlja svinej : novaja versija [Organic minerals for pigs: a new version]. *Efektivne tvarinnictvo — Effective livestock,* 2005, no 7 (7), pp. 24–28 (in Russian).

6. Malevich L. Rol' cinka v kormlenii zhivotnyh [The role of zinc in animal feeding]. *Evrofermer — Evrofermer,* 2006, no 5, pp. 34–38 (in Russian).

7. Rudenko Ye. V., Bohdanova H. O., kandyby V. M. Rekomendatsivi z normovanovi hodivli svynev [Recommendations for standardized feeding pigs]. Kyiv, Agricultural Science, 2012. 112 p. (in Ukrainian).

8. Vlizlo V. V. *Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnytsvi ta veterynarniy medytsyni* [Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine]. Lviv, SPOLOM Publ., 2012. 764 p. (In Ukrainian).

9. Koroljuk M. A. Ivanova L. I.,. Majorova I .G, Tokarev V. E. Metod opredilenija aktivnosti katalazy [Method of define the activity of catalase]. *Lab. delo — Lab. work*, 1988, no 1, pp. 16–18 (in Russian).

10. Moin V. M. Prostoj i specyficheskij metod opredilenija aktivnosti glutationperoksidazy v jeritrocytah [A simple and specific method for determining the activity of glutathione peroxidase in erythrocytes]. *Lab. delo — Lab. work*, 1986, no 12, pp 724–727 (in Russian).

11. Snitynskyj V. V., Glozhyk I. Z., Danchuk V. V. Biologichni aspecty vilnoradykalnogo okysnennja u silskogospodarskyh tvaryn u zvjazku z fiziologichnym stanom I vmistom cynku u racioni [Biological aspects of free radical oxidation in farm animals due to the physiological state and the content of zinc in the diet]. *Fiziol. zhurn. — Journal of physiological,* 2002, vol. 48, no 2, pp. 191–192 (in Ukrainian).

12. Buchko O. M. Zminy intensyvnosti perekysnogo okysnennja lipidiv i aktyvnosti antyoksydantnyh fermentiv v okremyh organah i tkanynah tvaryn protjagom ontogenezu [Changes in the intensity of lipid peroxidation and antioxidant enzymes in certain organs and tissues of animals during ontogeny]. *Biolohiya tvaryn — The animal biology*, 2004 vol. 6, no 1–2, pp. 11–18 (in Ukrainian).

13. Iskra R. Ja., Vlizlo V. V. Vmist esencial'nyh mikroelementiv u tkanynah porosjat za dii' hlorydu hromu. [The content of essential trace elements in tissues of piglets after actions of chromium chloride]. *Biolohiya tvaryn — The animal biology*, 2012, vol 14, no 1–2, pp. 113–120 (in Ukrainian)