

БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ СИРОВАТКИ КРОВІ КУРЧАТ ВНАСЛІДОК ДІЇ ДЕЗОКСИНІВАЛЕНОЛУ

Д. М. Островський
denostr@meta.ua

Білоцерківський національний аграрний університет,
вул. Соборна площа 8/1, м. Біла Церква, Київська обл., 09100, Україна

У статті наведено результати досліджень впливу дезоксиніваленолу (ДОНу) на організми курчат кросу «Адлер сріблястий», зокрема на щоденний та щотижневий прирости маси тіла та зміни біохімічних показників сироватки крові.

Доведено, що дезоксиніваленол в дозі 70 мг/кг маси тіла негативно впливав на організм курчат. Через тиждень курчата, які отримували токсин, починали відставати в рості та розвитку, і наприкінці досліду вони мали найгірші показники з середньодобових і середньотижневих приростів та загальної маси порівняно з курчатами інших двох груп. Водночас згодовування курчатам, які отримували дезоксиніваленол, комбікорму з домішкою 2 % препарату «Мікосорб» поступово покращувало ці показники, внаслідок чого вони майже зрівнялися з показниками контрольної групи, а згодовування комбікорму з «Мікосорбом» повністю нівелювало негативний вплив токсину.

За біохімічного дослідження встановлено, що активність загальної лужної фосфатази сироватки крові птиці II дослідної групи на 7-му добу експерименту була на 14,3 % більшою ($728,7 \pm 15,0$ Од/л; $P < 0,001$) порівняно з I групою і мала тенденцію до збільшення відповідно до контрольної групи. Така ж залежність зберігалась і за кістковим ізоферментом лужної фосфатази, активність якого була у 1,55 разу ($P < 0,001$) більшою за показник у контрольній групі.

Суперечливі результати отриманні за дослідження вмісту макроелементів у крові птиці. Так, концентрація загального кальцію у II дослідній групі (отримували токсин і «Мікосорб») становила $1,97 \pm 0,17$ ммоль/л, тоді як у групі курей, що отримували лише один токсин (I дослідна), його вміст був на 21,8 % більшим ($P < 0,05$) і становив $2,52 \pm 0,002$ ммоль/л. На третій тиждень експерименту вміст загального кальцію у II дослідній групі мав тенденцію до збільшення ($2,55 \pm 0,12$ ммоль/л) і був практично на одному рівні з показниками птиці контрольної та I дослідної груп.

Ключові слова: ДЕЗОКСИНІВАЛЕНОЛ, ВОМІТОКСИН, *FUSARIUM GRAMINEARUM*, ТОКСИН, КУРЧАТА, *МІКОСОРБ*

BIOCHEMICAL CHANGES IN SERUM OF CHICKENS AS A RESULT OF THE ACTION OF DEOXYNIVALENOL

D. M. Ostrovsky
denostr@meta.ua

Bila Tserkva national agrarian University,
8/1 Soborna square str., Bila Tserkva, Kyiv region, 09100, Ukraine

The article presents the results of studies of the impact of deoxynivalenol (DON) on chickens of Adler silver cross, especially on a daily and weekly body weight gain and changes in biochemical parameters of blood serum.

It was proved that deoxynivalenol at a dose 70 mg/kg of body weight adversely affected chickens. After a week chickens which were treated with the toxin began to lag behind in their growth and development and at the end of the experiment they had the worst indices of average daily and average weekly increments and overall weight compared to chicks of other two groups. However, feeding chickens that received deoxynivalenol with feed mixed with 2 % Mycosorb® gradually improved these indicators so that they became almost equal to indices of the control group, and the feeding Mycosorb® with feed completely leveled a negative influence of toxin.

During the biochemical studies we revealed that the overall activity of alkaline phosphatase serum in poultry of 2nd experimental group on the 7th day of the experiment was 14.3 % higher (728.7 ± 15.0 U/L; $P < 0.001$) compared to the 1st and had tends to increase in accordance with the control group. The same dependence was kept also by the bone isoenzyme of alkaline phosphatase activity which was 1.55 times ($P < 0.001$) higher than in the control group.

Contradicting results were received at the research content of macronutrients in the poultry blood. Thus, the total concentration of calcium in the 2nd experimental group (receiving toxin and Mycosorb®) was 1.97 ± 0.17 mmol/l, while in the group of chickens receiving only one toxin (1st research) its content was 21.8 % higher ($P < 0.05$) and it was 2.52 ± 0.002 mmol/l. On the 3rd week of the experiment the total calcium content in the 2nd experimental group tended to increase (2.55 ± 0.12 mmol/l) and it was almost equal to this index in poultry of control and 1st experimental groups.

Keywords: DEOXYNIVALENOL, DON, VOMITOXIN, *FUSARIUM GRAMINEARUM*, TOXIN, CHICKENS, MICOSORB

БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СЫВОРОТКИ КРОВИ ЦЫПЛЯТ ВСЛЕДСТВИЕ ДЕЙСТВИЯ ДЕЗОКСИНИВАЛЕНОЛА

Д. Н. Островский
denostr@meta.ua

Белоцерковский национальный аграрный университет,
ул. Соборная площадь 8/1, г. Белая Церковь, Киевская обл., 09100, Украина

В статье приведены результаты исследований влияния дезоксиниваленола (ДОН) на организм цыплят кросса «Адлер серебристый», в частности на ежедневный и еженедельный приросты массы тела и изменения биохимических показателей сыворотки крови.

Доказано, что дезоксиниваленол в дозе 70 мг/кг массы тела отрицательно влиял на организм цыплят. Через неделю цыплята, получавшие токсин, начинали отставать в росте и развитии и в конце опыта они имели худшие показатели по среднесуточным и средненедельным приростам и общей массе по сравнению с цыплятами других двух групп. В то же время скормливание цыплятам, получавшим дезоксиниваленол, комбикорма с примесью 2 % препарата «Микосорб» постепенно улучшало эти показатели, в результате чего они почти сравнялись с показателями контрольной группы, а скормливание комбикорма с «Микосорбом» полностью нивелировало негативное влияние токсина.

По биохимическим исследованиям установлено, что активность общей щелочной фосфатазы сыворотки крови птицы II опытной группы на 7-е сутки эксперимента была на 14,3 % больше ($728,7 \pm 15,0$ Ед/л; $P < 0,001$) по сравнению с I группой и имела тенденцию к увеличению в соответствии с группой контроля. Такая же зависимость сохранялась и для костного изофермента щелочной фосфатазы, активность которого была в 1,55 раза ($P < 0,001$) больше показателя в контрольной группе.

Противоречивые результаты получены при исследовании содержания макроэлементов в крови птицы. Так, концентрация общего кальция во II опытной группе (получали токсин и микосорб) составляла $1,97 \pm 0,17$ ммоль/л, тогда как в группе кур, получавших только один токсин (I опытная), его содержание было на 21,8 % больше ($P < 0,05$) и составляло $2,52 \pm 0,002$ ммоль/л. На третью неделю эксперимента содержание общего кальция во второй опытной группе имело тенденцию к увеличению ($2,55 \pm 0,12$ ммоль/л) и было практически на одном уровне с показателями птицы контрольной и I опытной групп.

Ключевые слова: ДЕЗОКСИНИВАЛЕНОЛ, ВОМИТОКСИН, *FUSARIUM GRAMINEARUM*, ТОКСИН, ЦЫПЛЯТА, МИКОСОРБ

Дезоксиниваленол (ДОН, вомітоксин) — трихотеценовий мікотоксин групи В, який продукують деякі гриби роду *Fusarium*. Є одним із природних забруднювачів зерна злаків [1]. Внаслідок частої контамінації зернових, особливо в роки розповсюдження фузаріозу, ДОН є важливою проблемою для багатьох країн Європи та Америки. Так, за даними Комітету експертів ФАО/ВОЗ, забруднення ДОНОм в концентрації від 0,001 до 5,7 мг/кг встановлювали

у 68 % зразків вівса, 59 — ячменю, 57 — пшениці та 41 % — кукурудзи [2].

Відомості про розповсюдження ДОНу в зернових на Україні поки що надто обмежені. Водночас у сусідньому з нами Північно-Кавказькому регіоні Росії постійно виявлявся високий рівень забруднення пшениці (70 %) низький — кукурудзи (4,5 %), ячменю (2 %) та жита (1 %) [3]. Окрім того, ще в 1977 р. за значного розповсюдження фузаріозу злаків

в Україні у великій кількості виявилася «слаботоксична фузаріозна пшениця», яку згодовували переважно великій рогатій худобі на відгодівлі. Зі зразків цієї пшениці було виділено декілька штамів гриба *F. graminearum*, що, як було з'ясовано пізніше, виявилися продуцентами ДОНу та зеараленону. Особливо активний з них штам 195/1 був використаний нами у цих дослідженнях.

Матеріали і методи

У досліді використовували 30 5-тижневих курчат м'ясо-яєчної породи «Адлер сріблястий», з яких було сформовано три групи по 10 голів у кожній. Птиця утримувалася в металевих клітках і споживала комбікорм для курчат-бройлерів виробництва «Укрзооветпромстач». Курчатам I групи один раз на добу задавали перорально дезоксиніваленол у дозі 70 мг/кг маси тіла у 2 мл 5 % етанолу і повноцінний комбікорм. Курчата II групи отримували токсин у такій же дозі і споживали комбікорм з додаванням 2 % препарату «Мікосорб»; курчата III групи, яка слугувала контрольною, споживали тільки повноцінний комбікорм і не отримували ні токсину, ні «Мікосорбу».

Для отримання ДОНу як продуцент токсину використовували гриб *F. graminearum*, штам 195/1, виділений доктором ветеринарних наук, професором В. В. Рухлядою у 1977 р. з фузаріозного зерна пшениці [4]. З метою накопичення токсину його культивували у матрацях на стерильному зволоженому зерні пшениці за температури 28 °C протягом 24 діб. Екстракт токсину екстрагували сумішшю ацетонітрил-вода (3:1), а очищення від коекстрактивних речовин та зеараленону проводили колонковою хроматографією. Вміст токсину визначали методом тонкошарової хроматографії (ТШХ).

За курчатами вели постійне клінічне спостереження, враховували їхній загальний стан та щотижня визначали масу тіла. В кінці кожного тижня по троє курчат з кожної групи забивали методом декапітації й відбирали кров для біохімічного дослідження та матеріал (шматочки серця, печінки й нирок) — для гістологічного. У сироватці крові визначали активність загальної лужної фосфатази (ЛФ) та її кіст-

кового й кишкового ізоферментів за методом Вагнера, Путиліна і Харабуги; кислій фосфатази (КФ) — реакцією з 4-нітрофенілфосфатом, вміст загального та іонізованого кальцію — у реакції з гліоксаль-біс-2-гідроксианілом, неорганічного фосфору — реакцією з аскорбіновою кислотою, загального магнію — із кальмагітом.

Результати й обговорення

На початку досліду курчата усіх груп добре споживали корм і були досить рухливі. У птахів, що отримували токсин, спостерігали незначне пригнічення та деяке розрідження калових мас, пір'яний покрив у ділянці клоаки був дещо забруднений виділеннями. Через тиждень ці курчата почали відставати в рості та розвитку, і наприкінці досліду вони мали найгірші показники з середньодобових і середньотижневих приростів та загальної маси порівняно з курчатами інших двох груп (*табл. 1*). Водночас згодовування курчатам, які отримували дезоксиніваленол, комбікорму з домішкою «Мікосорбу» поступово покращувало ці показники, внаслідок чого вони майже зрівнялися з показниками контрольної групи. Отже, дезоксиніваленол в зазначеній дозі негативно впливав на розвиток курчат і спричиняв зменшення маси тіла у дослідних птахів, а згодовування комбікорму з «Мікосорбом» повністю нівелювало негативний вплив токсину (*рис.*).

Окрім вивчення впливу ДОНу на приріст, у дослідних курчат щотижня відбирали кров для визначення впливу токсину на біохімічні показники для можливого встановлення характерних змін з метою розробки діагностики фузаріо-ДОН-токсикозу.

За біохімічного дослідження встановлено, що активність загальної лужної фосфатази сироватки крові птиці II дослідної групи на 7-му добу експерименту була більшою на 14,3 % ($728,7 \pm 15,0$ Од/л; $P < 0,001$) порівняно з I групою і мала тенденцію до збільшення відповідно до контрольної групи. Така ж залежність зберігалась і за кістковим ізоферментом лужної фосфатази, активність якого була в 1,55 разу ($P < 0,001$) більша за показник у контрольній групі.

**Вплив ДОНу на масу тіла курчат (г)
DON effect on broiler body weight (g)**

Показники Parameters	Тижні дослідю Week of experiment	Групи курчат Groups of chickens		
		I (токсин) (toxin)	II (токсин, «Мікосорб») (toxin, <i>Mycosorb</i> [®])	III (контроль) (control)
Маса курчати Chicken weight	до дослідю before the experiment	300	311	316
	1	361	375	382
	2	523	502	555
	3	634	756	751
Тижневий приріст груп The weekly increment in groups	1	61	64	66
	2	162	127	173
	3	111	254	196
Середньодобовий приріст The average daily increment	1	9	9	9
	2	23	18	25
	3	16	36	28

Лужна фосфатаза — фосфогідролаза моноєфірів ортофосфорної кислоти, металофермент, до складу активного центру якого входить атом цинку. ЛФ активує розщеплення фосфорорганічних сполук. Вона складається із різних ізоферментів, які локалізуються переважно в епітелії жовчовивідних шляхів, плазматичних мембранах гепатоцитів і нейронів, остеобластах кісткової тканини, клітинах кишечника, плаценти, нирок.

Збільшення активності загальної лужної фосфатази та її кісткового ізоферменту можна пояснити позитивним впливом складових компонентів препарату «Мікосорб» на процеси синтезу органічного матриксу кісткової тканини та проліферацію остеобластів. У I дослідній та контрольній групах дія ДОНу спрямована у протилежному напрямі: інгібувальний вплив токсину полягає у порушенні процесу осифікації блокуванням синтезу медулярного компонента кісткової тканини.

Активність кишкового ізоферменту лужної фосфатази у I і II дослідній групах становила $218,8 \pm 31,7$ та $203,0 \pm 29,0$ Од/л відповідно, водночас у контрольній групі відзначали тенденцію до її зниження — $154,1 \pm 26,6$ Од/л. Лише на третій тиждень експерименту активність кишкового ізоферменту в сироватці крові курей контрольної групи була майже в 1,5 рази меншою ($191,5 \pm 35,5$ Од/л; $P < 0,05$)

порівняно з показником птиці I дослідної групи — $284 \pm 16,0$ Од/л. Вочевидь, це пояснюється інтенсифікацією процесів гідролізу ефірів ортофосфорної кислоти з вивільненням неорганічного фосфату. Такий механізм забезпечує збільшення локальної концентрації фосфору на щитковій облямівці ентероцитів, поліпшуючи його транспорт у кров'яне русло [5].

Досить суперечливі результати отриманні за дослідження вмісту макроелементів у крові птиці. Так, концентрація загального кальцію у II дослідній групі, де птиці згодовували токсин і «Мікосорб», становила $1,97 \pm 0,17$ ммоль/л, тоді як у групі курей, що отримували лише один токсин (I дослідна), його вміст був на 21,8 % більшим ($P < 0,05$)

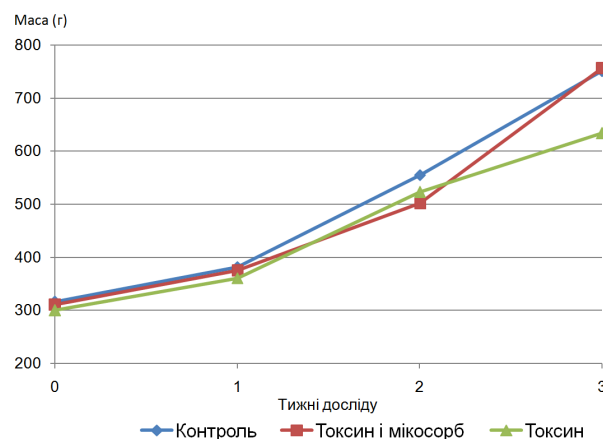


Рис. Динаміка змін маси тіла курчат
Fig. Dynamics of changes in body weight of chickens

і складав $2,52 \pm 0,002$ ммоль/л. На третій тиждень експерименту вміст загального кальцію у II дослідній групі мав тенденцію до збільшення ($2,55 \pm 0,12$ ммоль/л) і був практично на одному рівні з показниками птиці контрольної та I дослідної груп (табл. 3).

Водночас вміст іонізованого кальцію у птиці II дослідної групи, яка отримувала токсин і «Мікосорб», на 7-му добу експерименту становив $1,14 \pm 0,06$ ммоль/л. Це було на 28,0 % більше ($P < 0,05$) за відповідне значення у курей контрольної групи ($0,82 \pm 0,07$ ммоль/л). Однак на 14-ту добу досліджень рівень іонізованого кальцію мав тенденцію до зменшення ($0,96 \pm 0,17$ ммоль/л) і не мав вірогідної різниці з показниками птиці інших груп. Відносне значення іонізованого кальцію у сироватці крові птиці II дослідної групи становило 48,7 %, тоді

як у I дослідній та контрольній групі — 35,0 і 38,4 %, тобто у групі птиці, до складу годівлі якої було введено «Мікосорб», обмін кальцію за визначенням його іонізованої форми мав вираженішу тенденцію до відновлення. Іонізований кальцій вважається фізіологічно активною формою. Однак дослідження, проведені на курях-несучках кросу Мориньї, довели, що залежно від віку та фізіологічного стану перерозподіл фракційного складу кальцію знає значних змін, особливо його комплекси, які зв'язані з карбонатами, цитратами, фосфатами та сульфатами [6]. Можна припустити, що відносне збільшення рівня іонізованого кальцію у птиці II дослідної групи є наслідком позитивного впливу мікосорбу на вміст іонообмінного кальцію на поверхні кристалів гідроксиапатиту [7].

Таблиця 2

Активність ізоферментів лужної та кислої фосфатаз у сироватці крові (M±m)
Key isoenzyme of alkaline and acid phosphatase in serum (M±m)

Показник Parameter	Групи курчат Group of chicks	Тижні досліду Week of experiment		
		1	2	3
Загальна лужна фосфатаза, Од/л Total alkaline phosphatase, U/l	T (I дослідна / I experiment)	619,6±74,2	674,1±65,6	669,4±23,7
	T+M (II дослідна / II experiment)	728,7±15,0	451,4±93,1	714,3±28
	Контроль / Control	527,9±19,5	675,1±29,4	698,7±24,9
	P*	0,1	0,1	0,1
	P**	0,001	0,1	0,1
	P***	0,1	0,1	0,1
Кістковий ізофермент, Од/л Bone isoenzyme, U/l	T (I дослідна / I experiment)	530±72,8	492,3±82,6	518,6±30,5
	T+M (II дослідна / II experiment)	595,1±7,3	291,1±87,9	521,4±27,3
	Контроль / Control	383,2±12,7	433,2±13,9	480,6±35,6
	P*	0,1	0,1	0,1
	P**	0,001	0,1	0,1
	P***	0,1	0,1	0,1
Кишковий ізофермент, Од/л Intestinal isoenzyme, U/l	T (I дослідна / I experiment)	218,8±31,7	177,1±44,6	286,4±16,0
	T+M (II дослідна / II experiment)	203,0±29,0	96,5±35,1	238,9±37,7
	Контроль / Control	154,1±26,6	151,3±39,3	191,5±35,5
	P*	0,1	0,1	0,05
	P**	0,1	0,1	0,1
	P***	0,1	0,1	0,1
Кисла фосфатаза, Од/л Acid phosphatase, U/l	T (I дослідна / I experiment)	9,7±1,5	9,6±1,3	11,2±0,4
	T+M (II дослідна / II experiment)	11,0±0,7	10,4±1,6	10,7±0,4
	Контроль / Control	9,45±0,57	9,49±0,9	9,9±1,2
	P*	0,1	0,1	0,1
	P**	0,1	0,1	0,1
	P***	0,1	0,1	0,1

Примітка: тут і далі P* — (T~K), P** — (T+M~K), P*** — (T+M~T), p* — (K1~K2), p** — (K1~K3), p*** — (K2~K3)

Note: here and further P* — (T~C), P** — (T+M~C), P*** — (T+M~T), p* — (C1~C2), p** — (C1~C3), p*** — (C2~C3)

**Динаміка вмісту макроелементів у сироватці крові курчат під впливом ДОНу (M±m)
Dynamics of macronutrients content in blood serum of chickens under the influence of DON (M±m)**

Показник Parameter	Групи курчат Group of chicks	Тижні досліду Week of experiment		
		1	2	3
Загальний кальцій, ммоль/л Total calcium, mmol/l	T (I дослідна / I experiment)	2,35±0,18	2,52±0,02	2,57±0,1
	T+M (II дослідна / II experiment)	2,61±0,06	1,97±0,17	2,55±0,12
	Контроль / Control	2,37±0,16	2,5±0,006	2,48±0,07
	P*	0,1	0,1	0,1
	P**	0,1	0,05	0,1
	P***	0,1	0,05	0,1
Іонізований Ca, ммоль/л Ionized Ca, mmol/l	T (I дослідна / I experiment)	0,99±0,24	0,88±0,21	0,93±0,02
	T+M (II дослідна / II experiment)	1,14±0,06	0,96±0,17	1,04±0,03
	Контроль / Control	0,82±0,07	0,96±0,05	0,95±0,14
	P*	0,1	0,1	0,1
	P**	0,05	нв	0,1
	P***	0,1	0,1	0,05
Загальний магній, ммоль/л Total magnesium, mmol/l	T (I дослідна / I experiment)	0,75±0,09	0,68±0,04	0,81±0,07
	T+M (II дослідна / II experiment)	0,71±0,02	1,44±0,08	0,9±0,003
	Контроль / Control	0,84±0,03	0,83±0,01	0,84±0,12
	P*	0,1	0,05	0,1
	P**	0,05	0,001	0,1
	P***	0,1	0,001	0,1
Неорганічний фосфор, ммоль/л Inorganic phosphorus, mmol/l	T (I дослідна / I experiment)	1,71±0,09	1,33±0,12	1,68±0,14
	T+M (II дослідна / II experiment)	1,55±0,08	2,09±0,24	1,81±0,13
	Контроль / Control	1,96±0,4	1,08±0,04	1,71±0,18
	P*	0,1	0,05	0,1
	P**	0,1	0,01	0,1
	P***	0,1	0,05	0,1

Найбільш показовими були зміни вмісту загального магнію. У сироватці крові птиці II групи першого тижня досліджень його концентрація була на 18,3 % меншою (0,71±0,02 ммоль/л; P<0,05) порівняно з показником контрольної групи — 0,84±0,03 ммоль/л. Проте на 14-добу експерименту його рівень збільшувався (P<0,001) більш ніж у 2 рази і становив 1,44±0,08 ммоль/л. Це значення було на 52,7 і 42,3 % більшим (P<0,001) за показник I дослідної та контрольної груп. Отже, «Мікосорб» спричиняє відновлення вмісту магнію в сироватці крові птиці II дослідної групи. Однак на третій тиждень експерименту рівень магнію не мав вірогідної різниці у птахів різних груп. Ефективність дії «Мікосорбу» на обмін макроелементів в організмі курей підтверджується змінами концентрації неорганічного фосфору: у птиці II дослідної групи його вміст був найбільшим — 2,09±0,24 ммоль/л (+36,3 %;

P<0,05) порівняно з показником I дослідної групи. Складно пояснити більший його рівень у сироватці крові птиці, яка отримувала токсин, порівняно з контрольною групою. Отже, ДОН істотним чином впливає на метаболізм загального магнію в організмі птиці.

Стверджувати про високу діагностичну інформативність визначення вмісту Магнію в крові птиці на тлі прийому корму, враженого ДОНом, можна лише провівши низку додаткових експериментів з визначенням умовно патогенної кількості, яка призводить до порушення його обміну в організмі курей. У ході досліджень позитивно виявилась дія «Мікосорбу» на ремоделінг кісткової тканини, на що вказують більша, порівняно із I дослідною та контрольною групами, активність кісткового ізоферменту лужної фосфатази, рівень іонізованого Кальцію та вміст неорганічного Фосфору.

Висновки

Дезоксиніваленол впливає на біохімічні показники сироватки крові курчат шляхом зміни активності ферментів та мікроелементів. Встановлено негативний вплив ДОНу на прирости живої маси курчат, додавання «Мікосорбу» до раціону послаблює його негативний вплив.

Перспективи подальших досліджень.

Отримані результати досліджень можуть бути використані для подальшого вивчення впливу мікотоксинів на організми не тільки птахів, а й інших тварин, а також для можливого спрощення діагностування мікотоксикозу у тварин та птахів.

1. Tutelyan V. A., Kravchenko L. V., Sergeev A. Yu. Mycotoxins. Ed. by Yu. T. Dyakov, Y. V. Sergeev. *Mycology today*, 2007, vol. 1, M., NAT, Acad. Mycology, 376 p.

2. JECFA. Safety evaluation of certain mycotoxins in food. WHO Food Additives Series 47 FAO Food and

Nutritional Paper 74. Geneva, WHO, 2001, 691 p.

3. Zakharova L. P. Results of the monitoring of contamination of grain by *Fusarium* mycotoxins in the Russian Federation. L. N. Zakharov, S. Sedov. *Proceedings of VIEV*, Moscow, 2009, vol. 75, pp. 268–274 (in Russian)

4. Ruhljada V. V., Ellanskaya I. A., Shaida D. A. Kinds *Fusarium Lk.* ex Fr. on feeds and their Toxicological characteristics. *Microbe. Phys.*, 1981, vol. 43, no. 4, pp. 468–474.

5. Valiniece M. Y., Baumann V. K., Kalnciema W. H. Effect of vitamin D₃ and its analogs on the activity of alkaline phosphatase in the intestinal epithelium and the blood serum of chickens. *Transport and metabolic processes in the intestines of animals*, Riga, Zinatne, 1984, pp. 157–168. (in Russian)

6. Melnyk A. Y., Moskalenko V. P. Fractional composition of calcium in laying hens during egg-laying. *Science journal of veterinary medicine*, Bila Tserkva, 2008, vol. 56, pp. 112–118. (in Ukrainian)

7. Melnyk A. Y. The activity of alkaline (bone, intestinal isoenzymes) and acidic phosphatase in the blood serum of laying hens during the egg-laying. Moskalenko V. P., Rozumnyk A. W. *Science journal of veterinary medicine*, Bila Tserkva, 2009, vol. 62, pp. 59–65. (in Ukrainian)