

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕННОСТІ МИКОТОКСИНАМИ ЗЕРНА І КОРМОВ В УКРАЇНІ В 2005-2010 ГГ.

О.В. Труфанов, к.биол.н.

Лаборатория микотоксикологии

Институт птицеводства НААН Украины

Борки, Змиевской р-н, Харьковская обл., Украина

РЕЗЮМЕ. Протягом 2005-2010 рр. був проведений моніторинг контамінованості микотоксинами зразків зерна та кормів, що надійшли з різних областей України, АР Крим та двох областей Росії. Зеараленон, дезоксиниваленон і фумонізину визначали методом імуноферментного аналізу, Т-2 токсин і НТ-2 токсин — біоавтографічним методом. Дезоксиниваленон, Т-2 токсин, НТ-2 токсин, зеараленон і фумонізину були виявлені в 72, 33, 5, 51 і 74% досліджених зразків у середніх концентраціях 60, 44, 131, 25 і 734 мкг/кг відповідно. У 0,8-3,3% випадків концентрації микотоксинів перевищували встановлені в Україні та інших країнах максимально допустимі рівні. Одержані дані вказують на широку поширеність микотоксинів як забруднювачів зерна і кормів в Україні.

Ключові слова: екологічний моніторинг, микотоксини, забрудненість, зерно.

РЕЗЮМЕ. В течение 2005-2010 гг был проведен мониторинг контаминированности микотоксинами образцов зерна и кормов, поступивших из различных областей Украины, АР Крым и двух областей России. Зеараленон, дезоксиниваленон и фумонизин определяли методом иммуноферментного анализа, Т-2 токсин и НТ-2 токсин — биоавтографическим методом. Дезоксиниваленон, Т-2 токсин, НТ-2 токсин, зеараленон и фумонизин были обнаружены в 72, 33, 5, 51 и 74% исследованных образцов в средних концентрациях 60, 44, 131, 25 и 734 мкг/кг соответственно. В 0,8-3,3% случаев концентрации микотоксинов превышали установленные в Украине и других странах максимально допустимые уровни. Полученные данные указывают на широкую распространенность микотоксинов в качестве загрязнителей зерна и кормов в Украине.

Ключевые слова: экологический мониторинг, микотоксини, загрязненность, зерно.

SUMMARY. Monitoring of mycotoxin contamination of grain and feed samples from various regions of Ukraine and two regions of Russia was conducted during 2005-2010. Zearalenone, deoxynivalenol and fumonisins were determined by ELISA, T-2 toxin and HT-2 toxin by bioautographic method. Deoxynivalenol, T-2 toxin, HT-2 toxin, zearalenone and fumonisins were detected in 72, 33, 5, 51 and 74% of the samples in mean concentrations of 60, 44, 131, 25 and 734 μg/kg respectively. In 0,8-3,3% of the samples mycotoxin concentrations exceeded the maximum permissible levels established in the Ukraine and other countries. The data indicate the widespread occurrence of mycotoxins as contaminants of grain and feed in the Ukraine.

Key words: environmental monitoring, mycotoxins, contamination, grain.

Екологічний моніторинг — це процес систематичного збору і обробки інформації о параметрах оточуючої середовища для визначення тенденцій їх змін і оптимізації процедур прийняття рішення. Під токсикологічним моніторингом оточуючої середовища розуміють комплексну систему спостережень за її забрудненням, а також оцінку і прогноз змін її стану під впливом природних і антропогенних забруднювачів. Токсикологічний моніторинг здійснюється шляхом систематичного відбору проб об'єктів оточуючої середовища і оцінки їх забрудненості.

Одними з найбільш небезпечних забруднювачів зерна і кормів природного походження є микотоксини — ядовиті вторинні метаболіти мікроскопічних грибів. Відомо, що наявність микотоксинів в кормах призводить до погіршення продуктивності, репродуктивних якостей і імунного стану тварин. Токсичний вплив різних груп микотоксинів специфічний. Після-

дства забруднення кормів микотоксинами для тваринотривчальних господарств і заходів профілактики микотоксикозів залежать від того, які микотоксини і в яких концентраціях присутні в кормі. На даний час накоплено багато даних про поширення микотоксинів в зернових продуктах, аналіз яких дозволяє очікувати наявності певної групи микотоксинів в кожному конкретному випадку, використовуючи інформацію про вид зерна, кліматичну зону і погодні умови, в яких воно було вирощено, а також про час року [1, 2].

Раніше нами були опубліковані дані про виявлення Т-2 токсину [3, 4], НТ-2 токсину [5], дезоксиниваленону, фумонізинів і зеараленону [6] в зразках зерна, комбикормів і кормових добавок, отриманих з різних областей України.

Дана робота виконана в межах науково-дослідницької програми "Вивчення моніторингу забрудненості зерна і комбикормів микотоксинами і токсигенними грибами" в лабораторії

микотоксикології Інституту птицеводства НААН України.

Метою даного дослідження є вивчення частоти зустрічальності микотоксинів в кормах і оцінка ступеня забрудненості кормів для птиці микотоксинами в Україні в 2005-2010 роках.

Матеріали і методи. В період з березня 2005 по травень 2010 рр. досліджували 1569 зразків зерна, кормів, кормових добавок і комбикормів (табл. 1).

Зразки були отримані з понад 70 тваринотривчальних господарств і зернопереробляючих комбикормових заводів з 14 областей України, АР Крим і 2 областей Російської Федерації.

Зеараленон, дезоксиниваленон (ДОН) і фумонізину (сумарно) визначали методом імуноферментного аналізу (ІФА) з використанням тест-систем Ridascreen (Германія). ІФА виконували на імуноферментному аналізаторі Stat Fax 2100. Т-2 токсин і НТ-2 токсин визначали біоавтографічним методом [7].

Результати і обговорення. Дезоксиниваленон належить до трихотеце-

Таблица 1
Образцы зерна и кормов,
проанализированные при выполнении
мониторинговых исследований

Вид корма	Количество образцов
Комбикорм	776
Кукуруза	265
Пшеница	139
Ячмень	61
Шрот соевый	51
Жмых соевый	60
Шрот подсолнечный	53
Жмых подсолнечный	29
Отруби	24
Тритикале	16
Мука	15
Овес	13
Соя	10
Горох	6
Прочие корма*	52

*Примечание: в числе прочих кормов просо, премиксы, добавки, зерносмеси, зернофураж, зерноотходы, глютен, проростки, экструдат соевый

новым микотоксинам группы В, особенностью токсического действия которых является нарушение обмена нейромедиаторов, что проявляется в виде рвоты и отказа от корма [8]. Кроме того, ДОН можно считать антипитательным фактором кормов, поскольку он подавляет трансмембранный транспорт нутриентов — моносахаридов и аминокислот [9].

ДОН был обнаружен в 375 из 521 исследованного образца, что составляет 72%. В течение 2006-2008 гг. частота обнаружения варьировала от 64 до 71%, тогда как в 2009 и 2010 гг. несколько повысилась и достигла уровня 86 и 83% соответственно (табл. 2).

Средняя концентрация ДОН в образцах составила 60 ± 9 мкг/кг, хотя в 56% образцов этот показатель не превышал 20 мкг/кг. Полученные результаты согласуются с данными [10], в соответствии с которыми дезоксиниваленолом были контаминированы 90% образцов детского питания, произведенного в Финляндии и Испании, из которых 63% содержали менее 20 мкг/кг.

Медианная концентрация оказалась значительно ниже — около 14 мкг/кг. Максимальная средняя концентрация ДОН в образцах наблюдалась в 2007 году, минимальные

Таблица 2
Частота обнаружения микотоксинов в 2005-2010 гг., %

Микотоксин	Частота обнаружения, %					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ДОН	—	66	71	64	86	83
Т-2	45	55	34	15	10	1,5
НТ-2	11	3,1	3,9	1,1	2,6	1,5
Зеараленон	—	53	75	34	58	88
Фумонизины	—	50	97	94	57	100

средняя и медианная — в 2008 г. В 2010 году значения средней и медианной концентраций были наиболее близкими, что говорит об отсутствии концентраций, значительно отклоняющихся от среднеарифметического значения (табл. 3 и 4).

Наиболее часто ДОН был обнаружен в образцах комбикорма и соевого жмыха (86%), а также ячменя (83%); в отрубях и подсолнечном шроте ДОН встречался с частотой 75%, в кукурузе, пшенице и подсолнечном жмыхе — с частотой 63-68%.

Таблица 3
Средние концентрации микотоксинов в 2005-2010 гг., мкг/кг

Микотоксин	Частота обнаружения, %					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ДОН	—	58	136	11	51	30
Т-2	67	37	32	13	20	14
НТ-2	137	75	169	70	138	130
Зеараленон	—	24	3,8	25	47	6
Фумонизины	—	367	2123	205	231	268

Таблица 4
Медианные концентрации микотоксинов в 2005-2010 гг., мкг/кг

Микотоксин	Частота обнаружения, %					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ДОН	—	32	27	3,6	16	26
Т-2	50	20	16	10	12	14
НТ-2	70	75	130	80	120	130
Зеараленон	—	11	2,5	3,9	12	1,7
Фумонизины	—	94	606	101	66	61

В 2,9% образцов ДОН был обнаружен в концентрациях, превышающих максимально допустимый уровень (МДУ) в детском питании и в 1,6% в пищевых продуктах. В концентрациях, превышающие МДУ в комбикормах, ДОН был найден в 0,8% случаев в образцах кукурузы, ячменя и комбикорма. Максимальная концентрация ДОН 2750 мкг/кг была обнаружена в комбикорме (рис. 1).

Наиболее низкой частотой обнаружения — 56% — характеризовался соевый шрот.

Т-2 токсин оказывает целый ряд негативных эффектов на организм сельскохозяйственных животных и птицы, что обусловлено, главным образом, его способностью ингибировать биосинтез белка. Типичными симптомами хронического отравления Т-2 токсином являются снижение прироста живой массы, отказ от

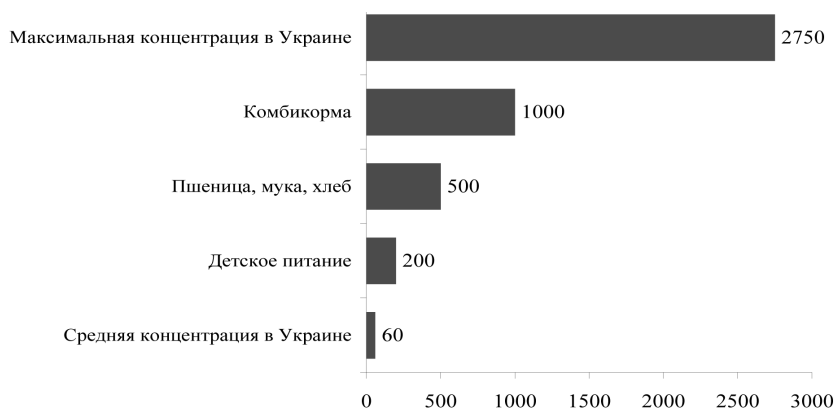


Рис. 1. Концентрации дезоксиниваленола в кормах и максимально допустимые уровни в Украине, мкг/кг.

корма, некротические поражения слизистой оболочки пищеварительного тракта, ухудшение мясной и яичной продуктивности, изменения биохимического состава яиц, иммуносупрессия.

Наличие Т-2 токсина определяли в 1425 образцах, из которых загрязненными оказались 465, т.е. 33%. Средняя концентрация составила $43,5 \pm 1,5$ мкг/кг, а медианная примерно в два раза меньше — 20 мкг/кг, что контрастирует с другими микотоксинами, медианные концентрации которых обычно в несколько раз ниже среднеарифметических значений. В 3,3% случаев (в 47 образцах) содержание Т-2 токсина превышало максимально допустимый уровень.

В течение неполных шести лет наблюдений отмечена выраженная тенденция к снижению как средних значений концентрации, так и частоты обнаружения Т-2 токсина в зерне и кормах. Возможно, это связано с уменьшением количества атмосферных осадков в период вегетации зерновых культур, поскольку известно, что накоплению Т-2 токсина в зерне, которое происходит в полевых условиях, способствуют частые дожди и высокая влажность воздуха.

НТ-2 токсин является производным Т-2 токсина, а его действие на животный организм во многом сходно с действием последнего.

Частота обнаружения НТ-2 токсина была приблизительно на порядок ниже, чем Т-2 токсина: из 1393 исследованных образцов положительные результаты были получены в 66 случаях, что составляет 4,7%. С другой стороны, средняя концентрация НТ-2 токсина была в три раза

выше, чем Т-2 — $131 \pm 3,9$ мкг/кг. В 23 образцах, что составляет 1,7% от общего количества и 35% от числа позитивных образцов, концентрация НТ-2 токсина превышала 100 мкг/кг, что соответствует максимально допустимому уровню этого микотоксина, установленному в Канаде; следует отметить, что в других государствах отсутствуют ограничения содержания НТ-2 токсина в кормах.

Наиболее высоким показателем частоты обнаружения характеризовались образцы кукурузы (14%) и ячменя (10%). В пшенице, комбикорме и соевом жмыхе НТ-2 токсин был обнаружен в 2,3, 2,1 и 1,8% случаев, тогда как ни в одном из образцов подсолнечного жмыха и шрота и соевого шрота НТ-2 токсин не был найден вовсе. В одном из 20 исследованных образцов отрубей НТ-2 токсин присутствовал в концентрации 80 мкг/кг.

В 2005 году наблюдалась максимальная частота обнаружения НТ-2 токсина за весь период исследований — 11%, тогда как в последующие годы этот показатель варьировал от 1,1 до 3,9%.

Зеараленон представляет собой лактон резорциловой кислоты, пространственная структура которого сходна со структурой стероидных гормонов, что придает ему выраженную эстрогенную активность [11]. Зеараленон ухудшает жизнеспособность куриных эмбрионов, снижает выводимость оплодотворенных яиц и нарушает репродуктивную функцию свиноматок [12, 13].

В животном организме зеараленон под воздействием ферментов микросомальной фракции гепато-

цитов, предположительно 3 α - и 3 β -гидроксистероид дегидрогеназ, подвергается процессу биотрансформации, в результате которого образуется ряд метаболитов, в том числе α -зеараленон, α -зеараланол и β -зеараленон [14]. В организме индеек и свиней зеараленон трансформируется главным образом в α -зеараленон, который обладает более сильным эстрогеноподобным действием [15]. Таким образом, значимость информации об уровне загрязненности корма зеараленоном зависит от его целевого назначения. При интерпретации результатов анализа кормов для свиней и индеек нужно также учитывать физиологическое состояние и возраст животных.

Из 522 образцов, в которых определяли наличие зеараленона, 268 оказались загрязненными, т.е. средняя частота обнаружения зеараленона составила 51%. В течение 5 лет мониторинга среднегодовая концентрация варьировала в пределах 34-88%, однако никаких закономерностей за данный период времени в изменении этого показателя установить не удалось (табл. 2).

Средняя концентрация зеараленона в кормах составила $25 \pm 3,8$ мкг/кг. За время наблюдений отмечена высокая вариабельность этого показателя от года к году (табл. 3). Изменение среднегодовой концентрации не коррелировало с изменением частоты обнаружения.

Медианная концентрация зеараленона в исследованных образцах, как и в случае с ДОН, была в несколько раз ниже, чем среднеарифметическая, что указывает на смещение частоты обнаружения в область низких концентраций. Подтверждением этого факта является обратный экспоненциальный характер зависимости между частотой обнаружения и концентрацией зеараленона в образцах. Однако, в отличие от ДОН, наблюдалась статистически значимая корреляция между среднеарифметической концентрацией и медианной.

Максимальные концентрации зеараленона в зерне и кормах в Украине в несколько раз превышают МДУ в детском питании и в кормах для племенных кур (рис. 2). Следует обратить внимание, что в кормах для поросят в возрасте до двух месяцев наличие зеараленона недопустимо. В связи с этим необходимо

контролировать содержание зеараленона в кормах и избегать его воздействия на животных, отнесенных к группам риска.

Максимальная частота контаминированности зеараленоном характерна для отрубей (78%) и кукурузы (73%); несколько ниже этот показатель у пшеницы (56%); из исследованных образцов комбикорма, жмыхов и шротов (соевого и подсолнечного) контаминированными были от 40 до 47%; реже остальных видов кормов — в 30% случаев — были загрязнены образцы ячменя.

В среднем, в наиболее высоких концентрациях зеараленоном были загрязнены образцы соевого жмыха (48 мкг/кг) и прочих кормов. В пшенице, комбикорме и кукурузе этот показатель составил 30, 25 и 23 мкг/кг, в подсолнечном жмыхе, отрубях и подсолнечном шроте — 18, 12 и 10 мкг/кг, а в ячмене и соевом шроте — 8 и 4 мкг/кг соответственно.

Фумонизины — это микотоксины, с помощью которых грибы-паразиты нарушают обмен сфинголипидов у растений, тем самым снижая эффективность врожденных механизмов защиты [16]. У животных под воздействием фумонизинов также происходит нарушение обмена сфинголипидов, однако внешние проявления этого токсического действия существенно различаются у разных видов: у лошадей наблюдается лейкоэнцефаломалиция, у свиней — отек легких, у кур — выделение черного липкого помета. В последнее время накапливается все больше данных о негативном влиянии фумонизинов в низких концентрациях на животный организм, в том числе на состояние иммунной системы и кишечной микрофлоры [17, 18].

В целом за период наблюдений фумонизины были обнаружены в 248 из 334 исследованных образцов зерна и кормов, т. е. в 74% случаев (табл. 2). Частота обнаружения фумонизинов в 2006, 2007 и 2010 годах в среднем составила 97%, что почти в два раза превышает аналогичный показатель 2005 и 2009 гг.

Средняя концентрация фумонизинов в исследованных образцах

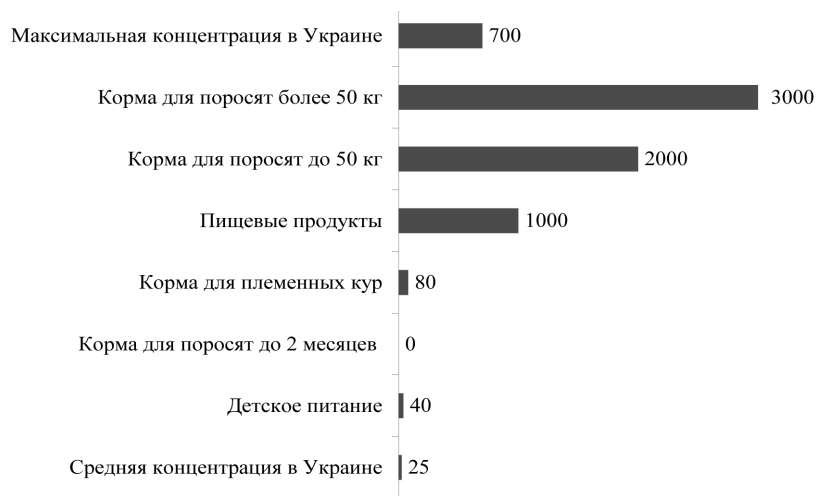


Рис. 2. Концентрации зеараленона в кормах и максимально допустимые уровни в Украине, мкг/кг.

была выше, чем концентрации остальных микотоксинов — 734 ± 131 мкг/кг. Медианная концентрация также была относительно высокой, 105 мкг/кг, однако в несколько раз уступала среднеарифметической, как и в случае с дезоксиниваленолом и зеараленоном.

Максимальные среднеарифметическая и медианная концентрации фумонизинов были зарегистрированы в 2007 году; в остальные годы эти показатели были примерно на порядок ниже. Аналогично ситуации с зеараленоном, изменение среднеарифметического значения концентрации фумонизинов коррелировало с медианным значением.

Наиболее высокий процент позитивных результатов был получен при анализе образцов комбикорма (86%), а также ячменя и отрубей (80 и 100% соответственно), хотя данные относительно этих двух видов кормов основаны на небольшом количестве образцов, соответственно 5 и 3. Частота обнаружения фумонизинов в образцах подсолнечного и соевого шрота составила 71 и 67%, кукурузы и пшеницы — 61 и 60% соответственно. Ни один из 5 исследованных образцов соевого и 3 образцов подсолнечного жмыха не содержал фумонизинов.

Лидерами по среднему уровню загрязненности фумонизинами являются кукуруза (821 мкг/кг) и ком-

бикорм (616 мкг/кг); средняя концентрация в пшенице, ячмене, отрубях, подсолнечном и соевом шроте составила от 33 до 131 мкг/кг.

Результаты проведенного мониторинга свидетельствуют о высокой частоте контаминированности зерна и кормов микотоксинами. В некоторых случаях концентрации микотоксинов достигали значений, во много раз превосходящих максимально допустимые уровни. Содержание микотоксинов в невысоких концентрациях также является серьезной проблемой для животноводства, поскольку низкие дозы токсических веществ, действующие в течение продолжительного времени, могут вызывать целый ряд негативных эффектов. Некоторые микотоксины способны накапливаться в тканях организма, вследствие чего их концентрация с течением времени может повышаться. Зеараленон и афлатоксины под действием ферментных систем, осуществляющих биотрансформацию, превращаются в более токсичные метаболиты. Особое внимание следует уделять эффектам взаимодействия микотоксинов, в том числе эффекту синергизма, при котором токсическое действие микотоксинов взаимно усиливается, а конечный эффект по выраженности превосходит сумму эффектов тех же микотоксинов, действующих в отдельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Perkowski J. The effect of environmental conditions on ergosterol and trichothecene content of naturally contaminated oat grain / J. Perkowski, T. Basinski, M. Wiwart, M. Kostecki, M. Busko, A. Matysiak // *Ann. Agric. Environ. Med.* — 2008. — Vol. 15. — P. 271 — 276.
2. Yazar S. Fumonisin, trichothecenes and zearalenone in cereals / S. Yazar, G. Z. Omurtag // *Int. J. Mol. Sci.* — 2008. — Vol. 9. — P. 2062-2090.
3. Труфанова В. О. Частота контамінації мікотоксинами кормів для птиці / В. О. Труфанова // *Ветеринарна медицина України.* — 2004. — № 9. — С. 26 — 28.
4. Труфанова В. А. Контамінація мікотоксинами кормов для птиці / В. А. Труфанова, А. Н. Котик, А. В. Чорна // *Успехи медицинской микологии.* — 2005. — Т. 5. — С. 160 — 161.
5. Труфанов О. В. НТ-2 токсин — распространённый фактор загрязнения зерна в Украине / О. В. Труфанов // *Птахівництво: Міжвідомчий тематичний науковий збірник / ІП УА-АН.* Харків, 2005. Вип. 57. С. 450-454.
6. Котик А. Н. Частота обнаружения Т-2 токсина, НТ-2 токсина, дезоксиниваленола, зearаленона и фумонизинов в различных кормовых субстратах / А. Н. Котик, В. О. Труфанова, О. В. Труфанов // *Птахівництво: Міжвід. темат. наук. зб./ ІП УААН.* Харків, 2006. Вип. 58. С. 556-562.
7. Визначення Т-2 і НТ-2 токсинів у зерні та комбікормах [Текст] : методичні рекомендації / А. М. Котик, В. О. Труфанова, О. В. Труфанов, Ю. М. Новожицька // Затверджено Державним департаментом ветеринарної медицини Міністерства аграрної політики України від 30.12.2005. 2006. 8 с.
8. Prelusky D. B. Effect of deoxynivalenol on neurotransmitters in discrete regions of swine brain / D. B. Prelusky, J. M. Yeung, B. K. Thompson, H. L. Trenholm // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* — 1992. — Vol. 22. — P. 36-40.
9. Maresca M. The mycotoxin deoxynivalenol affects nutrient absorption in human intestinal epithelial cells / M. Maresca, R. Mahfoud, N. Garmy [et al.] // *J. Nutr.* — 2002. — Vol. 132. — P. 2723 — 2731.
10. Jestoi M. Levels of mycotoxins and sample cytotoxicity of selected organic and conventional grain-based products purchased from Finnish and Italian markets / M. Jestoi, M. C. Somma, M. Kouva [et al.] // *Mol. Nutr. Food Res.* — 2004. — Vol. 48. — P. 299 — 307.
11. Riley R.T. Mechanistic interactions of mycotoxins: theoretical consideration. In: Sinha, K.K., Bhatnagar, D. (Eds.), *Mycotoxins in Agriculture and Food Safety.* Marcel Dekker, Inc, Basel, New York. — 1998. — pp. 227 — 254.
12. Мікотоксикози птиці: етіологія, діагностика, профілактичні засоби і методи (результати 33-річних досліджень) / Під редакцією д.в.н. Котика А. М. і к.б.н. Труфанової В. О. — Харків. — 2005. 124 с.
13. Minervini F. Zearalenone and reproductive function in farm animals / F. Minervini, M. E. Dell'Aquila // *Int. J. Mol. Sci.* — 2008. — Vol. 9. — P. 2570 — 2584.
14. Malekinejad H. Bioactivation of zearalenone by porcine hepatic biotransformation / H. Malekinejad, R. F. Maas-Bakker, J. Fink-Gremmels // *Vet. Res.* — 2005. — Vol. 36. — P. 799 — 810.
15. Pillon A. Binding of estrogenic compounds to recombinant estrogen receptor-?: application to environmental analysis / A. Pillon, A.-M. Boussioux, A. Escande, [et al.] // *Environmental Health Perspectives.* — 2005. — Vol. 113, No 3. — P. 278 — 284.
16. Takahashi Y. Unraveling the roles of sphingolipids in plant innate immunity / Y. Takahashi, T. Berberich, H. Kanzaki [et al.] // *Plant signaling and behavior.* — 2009. — Vol. 4, No 6. — P. 536 — 538.
17. M. G. Theumer M. G. Immunobiological effects of fumonisin B1 in experimental subchronic mycotoxicoses in rats / M. G. Theumer, A. G. Lopez, D. T. Masih // *Clinical and diagnostic laboratory immunology.* — 2002. — Vol. 9, No. 1. — P. 149 — 155.
18. Oswald I. P. Mycotoxin fumonisin B1 increases intestinal colonization by pathogenic *Escherichia coli* in pigs / I. P. Oswald, C. Desautels, J. Laffitte [et al.] // *Applied and environmental microbiology.* — 2003. — Vol. 69, No. 10. — P. 5870 — 5874.

Надійшла до редакції 9.11.2010