

УДК 639:616.982.17

DOI: 10.31073/vet\_biotech41-09

ЯНГОЛЬ Ю.А., мол. наук. сп., e-mail: yangol@ukr.net,

ЗАХАРОВА О.М., канд. біол. наук, e-mail: olga\_zm@ukr.net,

ТАРАСОВ О.А., канд. вет. наук, e-mail: ast97@ukr.net

Інститут ветеринарної медицини НААН

## ВИВЧЕННЯ ВИДОВОГО СКЛАДУ ТОКСИН-ПРОДУКУЮЧИХ МІКРОСКОПІЧНИХ ГРИБІВ РОДУ *FUSARIUM* В ЗЕРНІ ТА КОМБІКОРМІ З РІЗНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

В статті наведено результати санітарно-гігієнічної оцінки кормів, які характеризувались низьким та середнім рівнем контамінації мікроскопічними грибами, із переважанням родів *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Mucor* spp., *Rizobium* spp., *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Trichotencium* spp., *Micelia* spp., *Phoma* spp. При цьому в пробах зерна пшениці, кукурудзи та ячменю переважали гриби роду *Fusarium* (62,74% та 58% проб відповідно), *Penicillium* (49,43% та 39% проб відповідно) та *Aspergillus* (34,30% та 42% проб відповідно). Рівень контамінації складав від  $61,3 \pm 7,7$  тис. спор/г (ячмінь) до  $167,8 \pm 17,2$  тис. спор/г (кукурудза).

Видовий склад виділених ізолятів грибів роду *Fusarium* був представлений 7 видами, серед яких переважали *F. moniliforme* – 17,6–33,4%, *F. graminearum* – 16,4–26,3%, *F. avenaceum* 11,2–21,2%; *F. sporotrichioides* – 9,5–17,7%.

Кількість фумонізін-продукуючих ізолятів була найбільшою та складала 16,2% від досліджуваних токсин-продукуючих ізолятів і 5% від виділених грибів всіх видів.

**Ключові слова:** *Fusarium*, фумонізін, токсигенність, зернова продукція, контамінація.

**Вступ.** Ураження зерна та кормів грибами-продуцентами мікотоксинів є актуальною, оскільки згідно даних літератури мікотоксикози тварин є досить поширеними не тільки в Україні, але й в усьому світі. Важливість проблеми обумовлюється також підвищеними ризиками для людей через вживання контамінованих продуктів тваринництва або зерна [1–2]. Гриби роду *Fusarium* відомі як продуценти небезпечних токсинів [3–5].

За даними літератури, майже в половині зернової продукції виявляють грибну контамінацію, що за порушення умов зберігання викликає накопичення токсинів, які є стабільними. За даними літератури до 15% ураженого фузаріями зерна також містило фумонізини в гранично допустимих кількостях [6–7].

Підвищені ризики для тваринницьких господарств України полягають в високій поширеності токсинпродукуючих грибів в довкіллі, значному зниженні продуктивності тварин та якості продукції за мікотоксикозів, що викликають

афлатоксин, фузаріотоксин, стеригматоцистин, фумонізину, Т-2 токсин, вомітоксин тощо [8–10].

Під час дозрівання зерна на полі за наявності сприятливих умов довкілля (температура, вологість, кількість опадів) відбувається накопичення концентрацій різних типів токсинів, в тому числі фумонізинів, які продукуються грибами роду фузаріум [11–14].

Фумонізину володіють нефротоксичною дією, викликають енцефалопатії, зміни в крові, що характерні для процесів інтоксикації. Спостерігають ураження печінки і нирок сільськогосподарських тварин різної важкості. У птахів фумонізину викликають такі токсичні прояви, як поліорганна недостатність, уповільнення росту та значне зниження продуктивності [15].

Сьогодні стандартними методами виявлення токсинів є хроматографічні та серологічні. Наразі застосовуються також загальноприйняті мікотоксикологічні методи для виявлення видового складу токсин-продукуючих мікроскопічних грибів [16–19].

В зв'язку із тим, що сьогодні практично неможливо попередити контамінацію мікроскопічними грибами зернової продукції, своєчасне виявлення продуцентів мікотоксинів є важливим заходом для профілактики накопичення токсинів в зерні під час зберігання.

**Метою роботи** було дослідити видовий склад мікроскопічних грибів зернової продукції з різних регіонів України та виявити токсин-продукуючі гриби роду *Fusarium*.

**Матеріали та методи досліджень.** Для досліджень використовували 140 зразків кормів (кукурудза, жито, ячмінь, висівки) з різних областей України (Київська, Черкаська, Житомирська, Чернігівська, Полтавська, Запорізька, Одеська, Херсонська). Зразки відбирали з господарств, в яких спостерігали ознаки хронічних токсикозів тварин або візуально реєструвалося ураження зерна мікроскопічними грибами.

Вивчення культуральних властивостей проводили із використанням загальноприйнятих мікробіологічних методів із висіванням на середовища Чапека та Сабуро, які готували згідно рекомендацій виробника (HiMedia, Індія).

Видову ідентифікацію виділених ізолятів проводили за мікроскопічними, культуральними, біохімічними властивостями загальноприйнятими методами. Для проведення роботи були відібрані зразки кормів (висівки, ячмінь, кукурудза, пшениця) для дослідження на загальну засміченість мікроміцетами та на наявність мікотоксинів.

Виділення грибів з відібраних зразків проводили методом розведення. З наважки корму масою 10 г готували розведення 1:1000, 1:10000 і висівали на щільні поживні середовища Чапека і Сабуро по 0,1 см<sup>3</sup> суспензії. Крім того,

посіви проводили методом розкладки зразків на поживні середовища в чашках Петрі. Посіви інкубували за температури  $24,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$  протягом 14 діб, після чого проводили підрахунки колоній та ідентифікацію до виду. Розрахунок кількості діаспор в 1 г досліджуваного корму проводили за формулою:

$$C = T \times K / N \times Y, \text{ де} \quad (1)$$

C – кількість діаспор гриба в 1 г корму;

T – кількість колоній;

K – ступінь розведення;

N – кількість чашок;

Y – об'єм суспензії.

Продуктування токсинів визначали методом імуноферментного аналізу із використанням тест-наборів RIDASCREEN FAST Fumonisin (R3401), RIDASCREEN FAST Zearalenon (R1401) та RIDASCREEN FAST T-2 Toxin (R5302) та RIDASCREEN®FAST DON SC (R5905) (R-Biopharm-AG, Germany) згідно інструкції виробника. Оптичну густину реакції урахувували на рідері для імуноферментного аналізу BioRad за довжини хвилі  $\lambda=450$  нм.

Результати експериментальних досліджень були оброблені загальноприйнятими методами статистики з використанням програмного пакету «R-studio» (<https://www.r-project.org/>).

**Результати досліджень та їх обговорення.** За результатами досліджень морфологічних та культуральних властивостей досліджених зразків зернових було виявлено ізоляти мікроскопічних грибів, які віднесено до родів *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Mucor spp.*, *Rizobium spp.*, *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.*, *Trichotencium spp.*, *Micelia spp.*, *Phoma spp.* При цьому в пробах зерна пшениці, кукурудзи та ячменю переважали гриби роду *Fusarium* (62,74% та 58% проб відповідно), *Penicillium* (49,43% та 39% проб відповідно) та *Aspergillus* (34,3% та 42% проб відповідно). Найбільш контамінованим серед всіх зразків виявились висівки, в яких визначали контамінацію грибами родів *Fusarium* на рівні 71%, *Penicillium* – 62%, *Mucor* – 42%, *Rizobium* – 36%, *Alternaria* – 23%, *Aspergillus spp.*, *Trichotencium spp.*, *Mucor* виявляли в 12–38% проб (табл. 1).

Одним із головних показників, який характеризує санітарний стан зернових кормів, є кількість спор мікроміцетів у 1 г корму. При вивченні ступеня забруднення мікроміцетами зернових кормів отримали результати, представлені в таблиці 2

Таблиця 1

Результати вивчення мікробіоти кормів, n=140

| Вид мікроорганізму       | Виділено мікроскопічні гриби, % зразків |           |        |           |         |
|--------------------------|---|-----------|--------|-----------|---------|
|                          | Пшениця                                 | Кукурудза | Ячмінь | Комбікорм | Висівки |
| <i>Fusarium spp</i>      | 62                                      | 74        | 58     | 15        | 71      |
| <i>Penicillium spp</i>   | 49                                      | 43        | 39     | 32        | 62      |
| <i>Mucor spp.</i>        | 38                                      | 34        | 29     | 12        | 42      |
| <i>Rizobium spp.</i>     | 13                                      | 14        | 9      | 2         | 36      |
| <i>Alternaria spp</i>    | 8                                       | 3         | 11     | -         | 23      |
| <i>Aspergillus spp</i>   | 34                                      | 30        | 42     | 5         | 39      |
| <i>Trichotencium spp</i> | 7                                       | 4         | -      | -         | 4       |
| <i>Micelia spp.</i>      | -                                       | 3         | -      | -         | -       |
| <i>Phoma spp.</i>        | 4                                       | 2         | -      | -         | 3       |

Таблиця 2

Мікологічні дослідження зернових кормів, тис. спор/г, M±m, n=5

| Зразки зерна | Північно-Східний регіон (Чернігівська, Сумська, Київська області) | Центральний регіон (Черкаська, Вінницька, Полтавська області) | Східний регіон (Харківська, Донецька області) | Південний регіон (Херсонська, Миколаївська, Одеська області) |
|--------------|---|---|---|--|
| Ячмінь       | 74,5±7,3  | 83,9±10,4   | 61,3±7,7                                      | 98,7±4,9   |
| Пшениця      | 83,4±11,3   | 77,2±6,7  | 85,6±10,1                                     | 90,4±7,8   |
| Кукурудза    | 110,2±4,8   | 167,8±17,2  | 147,7±9,7                                     | 128,4±6,3  |
| Комбікорм    | 88,0±7,9  | 95,4±11,3   | 73,1±7,5                                      | 97,7±14,3  |
| Висівки      | 114,8±9,7   | 136,0±9,6   | 129,7±16,4                                    | 144,1±12,7   |

Згідно результатів досліджень, контамінація зразків зерна, отриманих з Північно-східного регіону складала від 83,4±11,3 тис. спор/г корму (пшениця) до 114,8±9,7 тис. спор/г корму (висівки). Контамінація зразків з Центрального регіону коливалась від 77,2±6,7 тис. спор/г (пшениця) до 167,8±17,2 тис. спор/г (кукурудза). Зразки зі Східного регіону характеризувались наявністю контамінації від 61,3±7,7 тис. спор/г (ячмінь) до 147,7±9,7 тис. спор/г (кукурудза). Зразки з Південного регіону характеризувались контамінацією від 90,4±7,8 тис. спор/г (пшениця) до 144,1±12,7 тис. спор/г (висівки).

Слід зазначити, що згідно діючого законодавства, кількість міцелярних грибів санітарною оцінкою зерна не регламентується. Вивчення якісного складу мікроскопічних грибів при посіві цілих зерен у чашках Петрі із середовищем

Чапека показали, що стан контамінації зернової сировини має достатньо виражений характер.

В результаті досліджень нами було вивчено видовий склад виділених ізолятів грибів роду *Fusarium* та виявлено 7 видів за типовими морфологічними ознаками та мікроскопічними характеристиками (табл. 3). В результаті досліджень встановлено циркулювання в Північно-східному регіоні (Чернігівська, Сумська, Київська області) *F. moniliforme* – 33,4%, *F. graminearum* – 21,3%, *F. avenaceum* – 21,2% всіх виділених ізолятів. У Центральному регіоні (Черкаська, Вінницька, Полтавська області) встановлено переважне циркулювання *F. moniliforme* – 22,3%, *F. avenaceum* – 18,2 % та *F. graminearum* – 16,4%. В зразках із Східного регіону (Харківська, Донецька області) виявлено переважно *F. graminearum* – 26,3%, *F. moniliforme* – 17,6%, *F. sporotrichioides* – 13,2% та *F. culmorum* – 12,4%. Південний регіон (Херсонська, Миколаївська, Одеська області) характеризувався наявністю *F. moniliforme* – 21,9%, *F. graminearum* – 21,9%, *F. sporotrichioides* – 17,7% та *F. avenaceum* – 15,8%.

Таблиця 3

**Розповсюдження ідентифікованих видів *Fusarium* (%) у зразках зерна по регіонах України**

| Назва мікроміцета продуцента     | Північно-східний регіон | Центральний регіон | Східний регіон | Південний регіон |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|------------------|
| <i>Fusarium avenaceum</i>        | 21,2                    | 18,2               | 11,2           | 15,8             |
| <i>Fusarium moniliforme</i>      | 33,4                    | 22,3               | 17,6           | 23,5             |
| <i>Fusarium culmorum</i>         | 6,8                     | 11,2               | 12,4           | 7,2              |
| <i>Fusarium graminearum</i>      | 21,3                    | 16,4               | 26,3           | 21,9             |
| <i>Fusarium langsethiae</i>      | 6,2                     | 14,3               | 11,9           | 9,6              |
| <i>Fusarium sporotrichioides</i> | 9,5                     | 11,4               | 13,2           | 17,7             |
| <i>Fusarium tricinctum</i>       | 1,6                     | 6,2                | 7,4            | 4,3              |

У результаті проведених дослідів було виділено 37 ізолятів грибів роду *Fusarium* здатних продукувати мікотоксини: зеараленон, Т-2 токсин, вомітоксин та фумонізину (табл. 4).

Нами встановлено, що кількість фумонізину-продукуючих ізолятів була найбільшою та складала 12, що склало 16,2% від досліджуваних токсин-продукуючих ізолятів і 5% від виділених грибів всіх видів. Найменше виділено штамів-продуцентів вомітоксину – 6, що склало 8,1% від токсин-продукуючих та 2,5% від загальної кількості ізолятів. Продуценти Т-2 токсину та зеараленону склали 9 та 10 штамів, відповідно – 12,1% та 13,5% по відношенню до токсичних фузаріїв, та 3,7–4,1% серед всіх виділених ізолятів.

**Результати визначення вмісту токсин-продукуючих ізолятів  
мікроскопічних грибів роду *Fusarium***

| Мікотоксини      | Загальна кількість токсинпродукуючих ізолятів | Відношення токсинпродукуючих ізолятів до загальної кількості виділених ізолятів грибів роду <i>Fusarium</i> , % | Відношення токсинпродукуючих ізолятів до загальної кількості виділених грибів всіх видів, % | Концентрація мікотоксинів мг/кг (мінімальна та максимальна визначена) |
|------------------|---|---|---|---|
| Зеараленон       | 10  | 13,5  | 4,1   | 10,0–180,0  |
| Т-2 токсин       | 9   | 12,1  | 3,7   | 11,0–220,0  |
| Вомітоксин (ДОН) | 6   | 8,1   | 2,5   | 15,0–150,0  |
| Фумонізину       | 12  | 16,2  | 5,0   | 25,0–150,0  |

При вивченні інтенсивності накопичення фузаріотоксинів встановлено, що найбільша кількість токсину була виявлена в зразках зерна кукурудзи – до 150 мг/кг.

**Висновки та перспективи подальших досліджень:**

1. Санітарно-гігієнічна оцінка показала, що отримані на дослідження зразки зернових кормів характеризувались низьким та середнім рівнем контамінації мікроскопічними грибами, при цьому було виділено мікроскопічні гриби родів *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Mucor spp.*, *Rizobium spp.*, *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.*, *Trichotencium spp.*, *Micelia spp.*, *Phoma spp.* У пробах зерна пшениці, кукурудзи та ячменю переважали гриби роду *Fusarium* (62,74% та 58% проб відповідно), *Penicillium* (49,43% та 39% проб відповідно) та *Aspergillus* (34,3% та 42% проб відповідно). Рівень контамінації складав від  $61,3 \pm 7,7$  тис. спор/г (ячмінь) до  $167,8 \pm 17,2$  тис. спор/г (кукурудза).

2. Дослідженнями видового складу виділених ізолятів грибів роду *Fusarium* виявлено 7 видів, серед яких переважали *F. moniliforme* – 17,6–33,4%, *F. graminearum* – 16,4–26,3%, *F. avenaceum* – 11,2–21,2%, *F. sporotrichioides* – 9,5–17,7% від всіх виділених ізолятів.

2. Встановлено, що кількість фумонізину-продукуючих ізолятів була найбільшою та складала 16,2% від досліджуваних токсин-продукуючих ізолятів і 5% від виділених грибів всіх видів. Найменше виділено штамів-продуцентів вомітоксину – 8,1% від токсин-продукуючих та 2,5% від загальної кількості ізолятів. Продуценти Т-2 токсину та зеараленону склали 12,1% та 13,5% штамів відповідно по відношенню до токсичних фузаріїв, та 3,7–4,1% серед

всіх виділених ізолятів. Найбільша кількість фумонізинів була виявлена в зразках зерна кукурудзи – до 150 мг/кг.

В подальших дослідженнях буде проведено визначення токсинпродукуючих мікроскопічних інших родів в зерні методом ПЛР-РЧ для удосконалення заходів виявлення токсин-продукуючих грибів та запобігання накопичення токсинів в кормах за їх зберігання.

**STUDY OF THE SPECIES COMPOSITION OF TOXIN-PRODUCING MICROSCOPIC FUNGI OF THE GENUS FUSARIUM IN GRAIN AND COMPOUND FEED FROM DIFFERENT REGIONS OF UKRAINE / Yangol Y.A., Zakharova O.M., Tarasov O.A.**

**Introduction.** *The problem of toxinogenic fungi impact to grain and animal feed is actual, due to the numerous publications confirm the high level of grain damage by toxin-producing fungi, including the genus Fusarium. According to the published data, more than half of grain products are affected by toxins, including Fusarium one. Almost 15% of the affected grains contained fumonizine at the maximum permissible contamination level.*

**The goal of the work** *was to investigate the species composition of microscopic fungi of grain products from different regions of Ukraine and to identify toxin-producing fungi of the genus Fusarium.*

**Materials and methods.** *140 feed samples (corn, rye, barley, bran) from different regions of Ukraine (Kyiv, Cherkasy, Zhytomyr, Chernihiv, Poltava, Zaporizhzhya, Odesa, Kherson) were used for research. Samples were taken from farms where signs of chronic animal toxicosis were observed or grain damage by microscopic fungi was visually recorded. Studies of morphological and cultural properties were performed using conventional microbiological methods.*

*Species identification of selected isolates was carried out by microscopic, cultural, biochemical properties using generally accepted methods. To carry out the work, samples of fodder were selected for research on general contamination with micromycetes and the presence of mycotoxins. Toxin production was determined by enzyme immunoassay using RIDASCREEN FAST Fumonisin (R3401), RIDASCREEN FAST Zearalenon (R1401) and RIDASCREEN FAST T-2 Toxin (R5302) and RIDASCREEN®FAST DON SC (R5905) test kits (R-Biopharm-AG, Germany) according to the manufacturer's instructions. The optical density of the reaction was measured on a BioRad enzyme-linked immunosorbent assay reader at a wavelength of  $\lambda=450$  nm.*

*The results of experimental studies are processed by conventional methods of statistics.*

**Results of research and discussion.** *The sanitary and hygienic evaluation showed that the samples of grain feed received for research were characterized by a low and medium level of contamination by microscopic fungi, while microscopic fungi of the genera Fusarium spp., Penicillium spp., Mucor spp., Rizobium spp., Alternaria spp., Aspergillus spp., Trichotencium spp., Mycelia spp., Phoma spp. were isolated. At the same time, fungi of the genus Fusarium (62.74 and 58% of samples, respectively), Penicillium (49.43% and 39% of samples, respectively) and Aspergillus (34.3% and 42% of samples, respectively) prevailed in samples of wheat, corn and barley grains. The level of contamination ranged from  $61.3 \pm 7.7$  thousand spores/g (barley) to  $167.8 \pm 17.2$  thousand spores/g (corn).*

We studied the species composition of selected isolates of *Fusarium* fungi and identified 7 species, among which *F. moniliforme* made 17.6-33.4%, *F. graminearum* – 16.4-26.3%, *F. avenaceum* – 11.2-21.2%, *F. sporotrichioides* – 9.5-17.7% of all isolates.

The quantity of fumonisin-producing isolates was 16.2% of the tested toxin-producing isolates and 5% of the isolated fungi of all species. The least amount of vomitoxin-producing strains was isolated 8.1% of all toxin-producing strains and 2.5% of the total number of isolates. Producers of T-2 toxin and zearalenone were detected in 12.1% and 13.5% of the strains, respectively, in relation to toxic *Fusarium*, and 3.7–4.1% among all isolates. The largest amount of the toxin was detected in corn grain samples - up to 150 mg/kg.

**Conclusions and prospects for further research.** The samples of grain feed were contaminated by microscopic fungi of the *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Mucor* spp., *Rizobium* spp., *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Trichotencium* spp., *Mycelia* spp., *Phoma* spp. genera. The level of contamination ranged from 61.3±7.7 thousand spores/g (barley) to 167.8±17.2 thousand spores/g (corn).

It was evaluated the species composition of selected isolates of *Fusarium* fungi and identified 7 species, among which *F. moniliforme* made 17.6-33.4%, *F. graminearum* – 16.4-26.3%, *F. avenaceum* prevailed in 11.2–21.2%, *F. sporotrichioides* – 9.5-17.7% of all isolates.

The quantity of fumonisin-producing isolates was 16.2% of the tested toxin-producing isolates and 5% of the isolated fungi of all species. The largest amount of the toxin was detected in corn grain samples – up to 150 mg/kg.

**Keywords:** *Fusarium*, fumonisine, toxigenecity, cereal feed, contamination.

#### REFERENCES

1. Vasjanovich, O.M., Korzunenko, O.F. & Obrazhej, A.F. (2003). Monitoringovi doslidzhennja mikrobioti kormiv z riznih regioniv Ukrainy [Monitoring researches of mycobiota feeds from different regions of Ukraine]. *Veterinarna biotekhnologija – Veterinary Biotechnology*, 4, 27-30 [in Ukrainian].
2. Andriychuk, A.V., Bilan, A.V., & Sydorchuk, P.I. (2011). Toksyhenni vlastyvoli mikromitsetiv zerna pshenytsi ta yachmeniu [Toxicogenic properties of mycromicetes of cereal grain and barley]. *Vysnyk agraroi nauky – Herald of Agrarian Science*, 9, 22-24 [in Ukrainian].
3. Volkov, M.V. (2005). Systemnii micotoksicologichnij control kormiv garantia profilaktyki mycotoksikozov tvarin i pticy [Systemic mycotoxicological feed control as garant o fanimals and birds mycotoxicosis prophylaxis]. *Veterinarna medicyna Ukraini – Veterinary medicine of Ukraine*, 3, 20-22 [in Ukrainian].
4. Dvorskaya, U. (2016). Mycotoksini v kormsah vliianie na givotnih [Mycotoxins in feed: impact on animals]. *Efektivny kormy ta godivlia – Effective feeds and feeding*, 2, 34-38 [in Russian].
5. Ruchliada, V.V., Andriichuk, O.A., & Rozputna, O.A. (2010). Contaminacia zerna kukuruzi fuzariotoksianmi T-2, F-2, DON [Corn contamination with fusariotoxins T-2, F-2 and DON]. *Veterinarna medicyna Ukraini – Veterinary medicine of Ukraine*, 8, 31-34 [in Ukrainian].
6. Trufanov, O.V. (2011). Monitoring zagriaznennosti mycotoksinamy zerna i kormov v Ukraini v 2005-2010 godah [Monitoring of cereals and feed with mycotoxines contamination in Ukraine in 2005-2010]. *Suchasni problemy toksikologii – Current problems of toxicology*, 1-2, 55-59 [in Ukrainian].
7. Ji, F., He, D., Olaniran, A.O. et al. (2019). Occurrence, toxicity, production and detection of *Fusarium* mycotoxin: a review. *Food Prod Process and Nutr.*, 1, 6. <https://doi.org/10.1186/s43014-019-0007-2>.



8. Ahangarkani, F., Rouhi, S., & Azizi, I.G. (2014). A review on incidence and toxicity of fumonisins. *Toxin Reviews*, 33, 6. <https://doi.org/10.3109/15569543.2013.871563>.
9. Apatenko, V. (2011). Nebezpečni mikotoksini [Dangerous mycotoxins]. *Agrobiznes sьогодni – Agribusiness today*, 1-2, 18-20 [in Ukrainian].
10. Chauhan, R., Singh, J., Sachdev, T., Basu, T., & Malhotra, B.D. (2016). Recent advances in mycotoxins detection. *Biosensors & Bioelectronics*, 81, 532-545. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2016.03.004>.
11. Chen, Y., Chen, Q., Han, M., Zhou, J., Gong, L., Niu, Y., Zhang, Y., He, L., & Zhang, L. (2016). Development and optimization of a multiplex lateral flow immunoassay for the simultaneous determination of three mycotoxins in corn, rice and peanut. *Food Chemistry*, 213, 478-484. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.116>.
12. Feng, Y.Z., Lu, X.H., Tao, B., Pang, M.H., Liu, Y.C., & Dong, J.G. (2011). Natural occurrence of fumonisins b1 and b2 in corn from three main production provinces in China. *Journal of Food Protection*, 74, 5. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-103>.
13. Grenier, B., & Oswald, I. (2011). Mycotoxin co-contamination of food and feed: meta-analysis of publications describing toxicological interactions. *World Mycotoxin Journal*, 4 (3), 285-313.
14. Han, Z., Nie, D., Ediage, E. N., Yang, X., Wang, J., Chen, B., Li, S., On, S. L., De Saeger, S., & Wu, A. (2014). Cumulative health risk assessment of co-occurring mycotoxins of deoxynivalenol and its acetyl derivatives in wheat and maize: Case study, Shanghai, China. *Food and chemical toxicology. Food and Chemical Toxicology*, 74, 334-342. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.10.018>.
15. Escriva, L., Font, G., & Manyes, L. (2015). In vivo toxicity studies of fusarium mycotoxins in the last decade: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 78, 185-206. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.02.005>.
16. Rahmani, A., Jinap, S., & Soleimany, F. (2009). Qualitative and Quantitative Analysis of Mycotoxins. *Food Science and Food Safety.*, Vol. 8., 202-252.
17. Marin, S., Ramos, A. J., Cano-Sancho, G., & Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology. Food and Chemical Toxicology*, 60, 218-237. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>.
18. Anfossi, L., Giovannoli, C., & Baggiani, C. (2016). Mycotoxin detection. *Current Opinion in Biotechnology*, 37, 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.11.005>.
19. Muraosa, Y., Schreiber, A.Z., Trabasso, P., Matsuzawa, T., Taguchi, H., Moretti, M.L., Mikami, Y., Kamei, K. (2014). Development and validation of a real-time multiplex PCR assay for the detection of dermatophytes and *Fusarium* spp. *Int J Med Microbiol.*, 304(3-4), 505-11. doi: 10.1016/j.ijmm.2014.03.001.