УДК 619:614.31+614.95+615.918:636
DOI: 10.31073/vet_biotech38-11

КУЦАН О.Т., д-р вет. наук, проф., чл.-кор. НААН, e-mail: okutsan@ukr.net,
НИЧИК С.А., д-р вет. наук, проф., чл.-кор. НААН, e-mail: ivm_naan@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

МІКОТОКСИКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗЕРНОВИХ КОРМІВ

У роботі представлені результати мікотоксикологічних досліджень зернових одного із господарств Сходу України в порівняльному аспекті з інтервалом п'ять років (2015 і 2020 роки). Усього було досліджено 74 проби в 2015 році та 91 проба у 2020 році зерна кукурудзи, пшениці, ячменю. При цьому встановлено, що в 2015 році найбільша контамінація мікроміцетами була встановлена у зерні кукурудзи та склала для Fusarium, Aspergillus, Penicillium (від 42 до 74%), а для Rhizopus, Mucor, Alternaria відповідно від 9 до 29% досліджуваних проб. В той же час у 2020 році загальна контамінація мікроміцетами зерна кукурудзи зросла до 89% та змінилось їх співвідношення стосовно один до одного (Rhizopus, Mucor, Alternaria, Fusarium, Aspergillus, Penicillium). При дослідженні проб зерна пшениці та ячменю встановлено контамінацію токсичними мікроміцетами хоча їх кількість у відсотках, які є перевищуючими за нормативними документами була значно нижчою. При дослідженні проб зерна 2015 року на вміст мікотоксинів було визначено, що вони вміщували значний спектр мікотоксинів (патулін, стеригматоцистін, афлатоксин B_1, зеараленон, охратоксин, фумонізин, Т-2 токсин) як в кукурудзі, так і в пробах пшениці та ячменю від 2 до 29%. А в 2020 році нами було встановлено зростання вмісту мікотоксинів у 39% досліджених проб. Підводячи підсумки наведеного матеріалу у статті стверджуємо, що збільшення контамінації мікроміцетами та забрудненість мікотоксинами зернових кормів у 2020 році ймовірно пов'язано зі змінами клімату, які ми спостерігаємо останніми роками в Україні, що приводить до зростання середньорічної температури повітря та зниження опадів протягом літніх місяців. Підвищення температури повітря і ґрунту в період вегетації сільськогосподарських культур у поєднанні з посиленням вітрів і зниженням відносної вологості повітря істотно збільшує випаровування вологи, що зумовлює гіршу вологозабезпеченість рослин, що є сприяючим фактором для розвитку мікроміцетів, включаючи токсиноутворюючих.

Ключові слова: *зернові корми, мікроміцети, мікотоксини, мікотоксикологічний моніторинг*

Вступ. Одним із основних компонентів біорозмаїття на Землі є гриби і грибоподібні організми, які є другою за чисельністю групою еукаріот (після комах). За оцінками провідних мікологів світу, загальна кількість їх видів складає близько 1,5 млн., із яких на сьогоднішній день вивчено менше 10% [1].

Температурний фактор і вологість середовища проживання є одними з вирішальних моментів для розвитку і росту як мікробів, так і мікроміцетів. І тому, будь які зміни в мікробіоценозах потрібно визначати мікробіологічним моніторингом, який буде об'єктивним прогностичним фактором впливу кліматичних змін на різноманітні екосистеми [2–5]. Низка учених останніми роками вказують, що конкретні умови навколишнього середовища можуть призводити до періодичних спалахів розвитку нових видів патогенів, які в свою чергу будуть нарощувати або знижувати їх інфекційний потенціал. Це пов'язують з тим, що встановлено поширення міграції різних патогенів з дикорослих рослин (резервуарів інфекцій) до сільськогосподарських угідь. До них відносяться гриби роду *Fusarium*, які збільшили широке розповсюдження в зв'язку з потеплінням за останні роки [6]. Відомо, що в агроценозах зерносіючих країн світу найбільш розповсюджені наступні види фузаріїв: *F. graminearum, F. culmorum, F. Sporotrichiella* (*var. sporotrichoides* и *var. poae*), *F. moniliforme, F. nivale, F. avenaceum, F. equiseti, F. oxysporum*, з яких превалюють перші п'ять [7–9]. Досить часто із одного зразку зерна вдається виділити 10–15 представників різних видів фузаріїв, хоча для кожної місцевості характерно домінування тільки 1–4 видів [10, 11].

Потрібно відмітити, що швидкому розповсюдженню патогенних штамів фузаріїв в усіх континентах сприяють масштабний експорт та імпорт зерна між країнами [12–14]. Для росту і розмноження мікроміцетів велике значення мають умови навколишнього середовища і особливо температура та вологість повітря. І якщо оптимальна температура для росту грибів складає від 18 до 25°C, тоді для токсиноутворення необхідні більш низькі температури – від 4 до 12°C і вологість на рівні від 40 до 50%. А зміни параметрів навколишнього середовища можуть визначати не тільки кількість, а і тип мікотоксину [15–17]. Необхідно акцентувати на велику небезпеку, яка наступає останніми роками в усіх кліматичних зонах, а саме реєструється поява і розповсюдження в популяціях токсиноутворюючих грибів термотолерантних (здатних інтенсивно розвиватись в широких проміжках коливань температур) та ксерофільних (стійких до посухи) штамів [18].

В останнє десятиріччя особливою проблемою для продукції рослинництва і тваринництва є контроль їх забруднення мікотоксинами небезпечними для сільськогосподарських тварин та людини при оцінці якості урожаю. Так, за даними експертів ФАО ВООЗ [19], більше 25% світового збору урожаю продовольчих і кормових культур контаміновано мікотоксинами з обумовленими цим щорічними економічними збитками складають 20 млрд доларів. Зростаюча увага вчених до даної проблеми в більшості визначається тим, що мікотоксини включаються в трофічний цикл біосфери через рослинну

їжу і корми, потрапляючи в організм людини і тварин, є причиною гострих і хронічних інтоксикацій [20].

На сьогодні відомо більше 400 видів мікроміцетів, які уражають сільськогосподарські культури, і більше 200 які продукують мікотоксини [20–22]. З епідеміологічної точки зору найбільшу небезпеку для людини складають трихотеценові мікотоксини, що продукуються мікроміцетами роду *Fusarium* [21]. А різні види фузаріїв здатні синтезувати до 150 подібних сполук [22]. Небезпека мікотоксинів обтяжується їх високою стабільністю та тривалою персистенціцєю в навколишньому середовищі. Мікотоксини можуть зберігатись протягом багатьох місяців після гибелі самого продуцента. На відміну від бактеріальних токсинів, мікотоксини, є низькомолекулярними сполуками і їм властива значна стабільність до дії високих температур та хімічних сполук, що обумовлює проблеми їх елімінації із контамінованих продуктів традиційними методами (обробка гарячим паром, висушування, ультрафіолетове випромінювання, дія дезінфектантів) [21]. У зараженому зерні мікроміцети не припиняють утворення токсинів навіть при зберіганні у зерносховищах. Так, через 4 місяці зберігання у зерні може накопичуватись до 300 ГДК фузаріотоксину зеараленона [23].

Необхідно враховувати також, широкі адаптаційні можливості мікроміцетів-патогенів, які дозволяють пристосуватись до нових умов існування в інфікованому мікроорганізмі, а також можливий широкий діапазон природної та індукованої мутаційної мінливості. При цьому особливе значення набувають *ts*-мутації, за яких гриб, що раніше відносився до сапротрофів, нездатних виживати при температурі 30–34°С, стає мутантом та розвивається *in vivo* за температури 37°С і навіть вищої [24–25]. Необхідно відмітити досить цікаві властивості мікроміцетів, які змінюються після дії фунгіцидів. Так, ученими [26–29] було встановлено, що при систематичному і неадекватному впливу фунгіцидів і протруювачів зерна на мікроміцети спостерігалась стимуляція токсиноутворення. Причому резистентні до пестицидів штами здатні збільшувати токсиноутворення за цих умовах в сотні разів. А такі фунгіциди, як тебуконазол і флюхінконазол, при використанні навіть у недостатніх концентраціях здатні підсилювати контамінацію зерна мікотоксинами. Інший фунгіцид азоксістробін, який використовується для профілактики нешкідливої плісняви, одночасно сприяє її заміщенню токсигенними грибами роду *Fusarium* [26].

Факт глобальних змін клімату не викликають сумнівів. Наступають перебудови в усіх мікроорганізмів, включаючи і мікроміцети. Оцінка температурного режиму XXI століття в Україні свідчить про значну його аномальність відносно кліматичної норми. Так, за даними співробітників Українського гідрометеорологічного центру [27–28] у більшості місяців

спостерігається додатна аномалія температури. Від'ємна аномалія температури повітря спостерігається лише в грудні. Це свідчить про активізацію процесу потепління клімату в Україні, особливо в степовій зоні в першій половині XXI століття.

Підводячи підсумок вищенаведеного, можна відмітити, що прогнози розповсюдження мікогенних захворювань рослин можуть ускладнюватись і зростаючим рівнем антропогенних впливів на стан біоценозів. І тому, дослідження біології, екології, біохімічних та біосинтетичних властивостей токсигенних грибів, їх метаболітів, механізмів патологічного впливу на організм тварин потрібно проводити постійно, адже це дасть можливість розробляти ефективні заходи з недопущення, діагностики і терапії мікотоксикозів у тварин.

Метою роботи був порівняльний аналіз результатів мікомоніторингових досліджень зернових кормів в одному із господарств Сходу України в інтервалі останніх п'яти років на фоні змін клімату.

Матеріали та методи досліджень. У роботі використовували корми, що були відібрані в одному із господарств Сходу України з інтервалом у п'ять років. У 2015 році було досліджено 74, а в 2020 році – 91 проба зерна кукурудзи, пшениці, ячменю. Проби відбирали на початку збору врожаю та в період його зберігання. Для встановлення загальної заспореності кормів мікроміцетами та визначення їх видового складу, досліджуваний матеріал розкладали на чашки Петрі з агаризованим середовищем Чапека й інкубували при температурі 24°С. Паралельно використовували метод серійних розведень для підрахунку вмісту діаспор грибів в 1 г корму. Видову ідентифікацію мікроміцетів проводили з використанням традиційних методів на основі культурально-морфологічних властивостей [29–31]. Токсигенні властивості ізольованих мікроміцетів вивчали шляхом дії їхніх культуральних рідин на тест-мікроорганізмі *Tetrachimena piriformis* за ДСТУ 3570-97 [32]. Одночасно проби кормів досліджували на вміст у них мікотоксинів методом ІФА [33].

Результати досліджень та їх обговорення. Так, за результатами досліджень хотілось би зупинитись на порівнянні досліджень деяких зернових (кукурудза, пшениця, ячмінь) в одному із господарств Сходу України з інтервалом у п'ять років (2015 та 2020 рр.) на контамінацію їх мікроміцетами та вміст мікотоксинів. Аналізуючи таблицю 1 потрібно відмітити, що в ній представлена таксономічна структура мікобіоти досліджуваних кормів (2015 р.) у відсотках. При цьому найбільшу контамінацію кукурудзи склали мікроміцети *Fusarium, Aspergillus, Penicillium* (від 42% до 74%), а інші *Rhizopus, Mucor, Alternaria* відповідно від 9 до 29% досліджуваних проб.

Таблиця 1

Таксономічна структура мікобіоти зернових кормів досліджених у 2015 році

Вид корму	Досліджено проб	Відсоток проб, які вміщують мікроскопічні гриби (%)					
		Aspergillus	*Fusarium*	*Penicillium*	*Mucor*	*Rhizopus*	*Alternaria*
Кукурудза	27	67	42	74	22	9	29
Пшениця	23	45	30	58	14	6	17
Ячмінь	24	39	21	44	9	2	11

Зерно пшениці також було контаміновано мікроміцетами *Fusarium, Aspergillus, Penicillium* (від 30 до 58%), а іншими *Rhizopus, Mucor, Alternaria* відповідно від 6 до 17%. В той самий час ячмінь був дещо менш контамінованим мікроміцетами у порівнянні з кукурудзою і пшеницею та в пробах були виявлені мікроскопічні гриби родів *Fusarium, Aspergillus, Penicillium* (від 21 до 44%), а роди *Rhizopus, Mucor, Alternaria* були виявлені в меншій кількості проб (від 2 до 11%). Окрім цього, усі ці контаміновані проби були досліджені на токсичність з використанням тест-мікроорганізмів *Tetrachimena piriformis* та визначено вміст мікотоксинів (табл. 2).

Аналізуючи таблицю 2 потрібно відмітити, що в ній представлені результати досліджень зернових кормів на вміст мікотоксинів. При цьому встановлено, що в зерні кукурудзи відсоток проб з перевищенням максимально допустимих рівнів (МДР), за окремими мікотоксинами склав від 7% до 26% досліджуваних проб і розподілявся наступним чином: фумонізин афлатоксин B_1, охратоксин, Т-2 токсин. У зерні пшениці визначено більший спектр мікотоксинів (патулін, стеригматоцистін, афлатоксин B_1, зеараленон, охратоксин, фумонізин, Т-2 токсин) у відсотках від 2 до 29% досліджуваних проб. Проби ячменю також вміщували мікотоксини (патулін, охратоксин, фумонізин, афлатоксин B_1, Т-2 токсин від 1,5 до 31% відсотків. Потрібно відмітити, що нами також було визначено у досліджуваних зернових кормах одночасну наявність 2-х і більше мікотоксинів причому у кукурудзі 24% проб була їх присутність, у пшениці відповідно 19% та ячмені – 11%. У господарстві постійно використовується запропонована нами раніше ефективна схема щодо пригнічення росту мікроміцетів у кормах в процесі зберігання з використанням дозволених в Україні фунгіцидів та детоксикація мікотоксинів. Але не

дивлячись на впроваджені системні санітарно-профілактичні заходи при дослідженні зернових кормів у 2020 році ми отримали дещо іншу картину щодо їх контамінації мікроміцетами та вмістом мікотоксинів.

Таблиця 2

Частота контамінації зернових кормів мікотоксинами у 2015 році

Вид корму	Позитивні проби (%)	Проби, в яких одночасно виявлено два і більше мікотоксинів (%)	Відсоток проб з перевищенням МДР за окремими мікотоксинами (%)						
			Т-2 токсин	Афлатоксин В1	Стеригматоцистин	Фумонізин	Зеараленон	Охратоксин	Патулін
Кукурудза	56	24	26	10	н.в.*	7	н.в.*	21	н.в.*
Пшениця	43	19	29	11	7	21	14	14	2
Ячмінь	27	11	31	12	н.в.*	6,2	н.в.*	2,5	1,5

Примітка: н.в.* – не визначено.

Таблиця 3

Таксономічна структура мікобіоти зернових кормів досліджених у 2020 році

Вид корму	Досліджено проб (100%)	Відсоток проб, які вміщують рід грибів					
		Aspergillus	*Fusarium*	*Penicillium*	*Mucor*	*Rhizopus*	*Alternaria*
Кукурудза	34	78	51	89	20	8	38
Пшениця	31	49	36	46	17	9	21
Ячмінь	26	43	27	51	13	4	17

За результатами представленими в таблиці 3 встановлено таксономічну структуру мікобіоти досліджуваних кормів, відібраних для досліджень в 2020 р. у відсотках, які перевищують максимально допустимі рівні. Кукурудза

контамінована у 8–89% мікроміцетами родів *Rhizopus, Mucor, Alternaria, Fusarium, Aspergillus, Penicillium.* Проби пшениці відповідно були контамінованими від 9% до 49% та ячменю від 4% до 51%.

В таблиці 4 представлені результати досліджень зернових кормів на вміст мікотоксинів.

Таблиця 4

Частота контамінації зернових кормів мікотоксинами досліджених у 2020 році

Вид корму	Відсоток позитивних(%)	Відсоток проб забруднених одночасно 2 і більше мікотоксинів (%)	Відсоток проб з перевищенням МДР за окремими мікотоксинами (%)						
			Т-2 токсин	Афлатоксин В[1]	Стеригматоцистин	Фумонізин	Зеараленон	Охратоксин	Патулін
Кукурудза	64	31	39	14,5	1,5	10,5	н.в.*	29	1,5
Пшениця	49	23	42	17,5	9	29,5	2,1	17,0	н.в.*
Ячмінь	34	18	36	17	2,5	14,5	1	31	2,5

Примітка: н.в.* – не визначено.

В результаті досліджень встановлено, що в зерні кукурудзи відсоток проб з перевищенням МДР за окремими мікотоксинами склав у відсотках від 1,5% до 39% досліджуваних проб і включав: патулін, стеригматоцистін, фумонізин, афлатоксин B_1, охратоксин, Т-2 токсин. У зерні пшениці представлено дещо інший спектр мікотоксинів (зеараленон, стеригматоцистін, охратоксин, афлатоксин B_1, фумонізин, Т-2 токсин) у відсотках від 2,1 до 42% досліджуваних проб. Проби ячменю також вміщували мікотоксини (зеараленон, патулін, стеригматоцистін, фумонізин, афлатоксин B_1, охратоксин, Т-2 токсин) від 1% до 36% відсотків. Потрібно також відмітити, що нами також було визначено у досліджуваних зернових кормах одночасну присутність 2-х і більше мікотоксинів причому у кукурудзі 31% проб була їх присутність, у пшениці відповідно 23% та ячмені – 18%.

Підвищення температури повітря і ґрунту в період вегетації сільськогосподарських культур у поєднанні з посиленням вітрів і зниженням відносної вологості повітря істотно збільшує випаровування вологи, що зумовлює гіршу вологозабезпеченість рослин, навіть якщо кількість опадів при цьому не зменшується. Звичайно, зміни клімату призведуть до розширення

біорозмаїття, розповсюдження і життєздатності мікроорганізмів. І тому, ми зараз спостерігаємо збільшення ареалу теплолюбивих видів фітопатогенних грибів, наприклад *Fusarium.* А зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері буде сприяти накопиченню біомаси грибів, тобто збільшуючи їх вірулентність.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За результатами мікотоксикологічного моніторингу зернових у 2020 році встановлено дещо вищий ступінь контамінації мікроміцетами та вміст мікотоксинів у порівнянні з 2015 роком. Найвищу контамінацію мали проби зерна кукурудзи (від 8% до 89%), в той же час пшениці відповідно були контамінованими від 9% до 49% та ячменю від 4% до 51%. Стосовно родового складу мікроміцетів то вони були представниками *Rhizopus, Mucor, Alternaria, Fusarium, Aspergillus, Penicillium.* Що стосується вмісту мікотоксинів, то найбільшу їх кількість виявляли в зерні кукурудзи, причому майже у всіх пробах вони були представлені по 2 і більше мікотоксинів одночасно.

Подальші дослідження будуть спрямовані на мікотоксикологічний моніторинг зерна з метою своєчасного коректування фунгіцидних та інших санітарних заходів в господарствах, що дасть змогу отримувати якісну та безпечну продукцію тваринництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hawksworth D.L. The magnitude of fungal diversity: the 1,5 million species estimate revisited / D.L. Hawksworth // Mycol. Res. – 2001. – Vol. 105. – P. 1422–1432.

2. Литвин В.Ю. Общие закономерности и механизмы существования патогенных микроорганизмов в почвенных и водных экосистемах / В.Ю. Литвин // Экология возбудителей сапронозов. – 1988. – С. 20–34.

3. Эпидемиологические аспекты экологии бактерий / В.Ю. Литвин [и др.]. – М.: Фармарус-принт, 1997. – 555 с.

4. Панин А.Л. Организация микробиологического мониторинга в системе санитарно-эпидемиологического надзора за психрофильными микроорганизмами в районах расположения Российской антарктической экспедиции / А.Л. Панин [и др.] // Военно-морская и радиационная гигиена: традиции, инновации, перспективы: материалы Юбилейной науч.-практ. конф., посвященной 70-летию кафедры ВМРГ ВМедА им. С.М. Кирова. – СПб., 2010. – С. 166–169.

5. Панин, А.Л. Микробиологический мониторинг иерсиний как основа санитарно-эпидемиологического надзора за иерсиниозами в организованных коллективах / А.Л. Панин [и др.] // Инфекция и иммунитет. – 2013. – № 3. – С. 217–228.

6. Миграции фитопатогенных грибов и ареалы популяций. Микология сегодня: в 2 т. / К.В. Левитин [и др.].– Москва, 2011. – Т.2. – С. 261–274.

7. Монастырский О.А. Токсинообразующие грибы, паразитирующие на зерне / О.А. Монастырский // Агро XXI. – 2001. – № 11. – С. 6–7.

8. Joffe A.Z. *Fusarium species*. Their biology and toxicology / A.Z. Joffe. – N.-York: John Wiley & Sons, 1984. – 587 p.

9. Платонова Ю.В. География грибов рода Fusarium (литературный обзор) / Ю.В. Платонова, Н.А. Сурин // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 4. – С. 95–97.

10. Левитин М.М., Иващенко В.Г., Шипилова Н.П., Гагкаева Т.Ю. О видовом и внутривидовом разнообразии грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах / М.М. Левитин, В.Г. Иващенко, Н.П. Шипилова, Т.Ю. Гагкаева // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии: сб. трудов Международной конференции, посвященной 80-летию кафедры микологии и альгологии и 90-летию со дня рождения М.В.Горленко, апрель 1998 г., г. Москва. – М.: Издательство МГУ, 1998. – С. 64–66.

11. Левитин М.М. Фузариоз колоса зерновых культур / М.М. Левитин // Защита и карантин растений. – 2002. – № 1. – С. 16–17.

12. Монастырский О.А. Скрытая токсичность – причина хронических токсикозов растений и животных / О.А. Монастырский // Вестник РАСХН. – 1995. – № 6. – С. 26–29.

13. Монастырский О.А. Мониторинг токсинообразующих грибов зерновых злаков / О.А. Монастырский // Агрохимия. – 2001. – № 8. – С. 79–87.

14. Монастырский О.А. Сельскохозяйственные аспекты исследования фитопатогенных токсинообразующих грибов / О.А. Монастырский // Агро XXI. – 1998. – № 10. – С. 18–19.

15. Леонов А.Н. Изучение токсиногенеза *Fusarium graminearum schw* при пониженной температуре культивирования / А.Н. Леонов, Г.П. Кононенко, Н.А. Соболева [и др.] // Микология и фитопатология. – 1994. – Т. 28. – Вып. 1. – С. 60–63.

16. Болтянская Э.В. Влияние температуры на накопление культурой *Fusarium sporotrichiella* токсина Т-2 в пшене / Э.В. Болтянская, Е.А. Кроякова // Микология и фитопатология. – 1998. – Т. 22. – № 2. – С. 123–128.

17. Рухляда В.В. Влияние факторов внешней среды на биосинтез Т-2 токсина грибом *Fusarium sporotrichiella* Bilai / В.В. Рухляда // Микология и фитопатология. – 1989. – Т. 23. – № 2. – С. 151–156.

18. Грибы начали охоту на людей // Деловая пресса. Новые технологии. – № 11(84). – 21.03.2001.

19. Evaluation of certain mycotoxins in food // Fiftysixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO, Technical Report, Series 906. – Geneva: World Health Organisation, 2002. – 74 p.

20. Монастырский О.А. Токсинообразующие грибы, паразитирующие на зерне / О.А. Монастырский // Агро XXI. – 2001. – № 11. – С. 6–7.

21. Билай В.И. Токсинообразующие микроскопические грибы и вызываемые ими заболевания человека и животных. / В.И. Билай, Н.М. Пидопличко. – Киев: Наукова думка, 1970. – 289 с.

22. Rasooly L. Polyclonal autoreactive IgA increase and mesangial deposition during vomitoxin-induced IgA nephropathy in the BALB/c mouse / L. Rasooly, J.J. Pestka // Food Chemical Toxicogies – 1994. V. 32. P. 329–336.

23. Левитин М.М. Микотоксины фитопатогенных грибов и микотоксикозы человека / М.М. Левитин // Успехи медицинской микологии. – 2003. –Т. 1. – С. 148–150.

24. Successful treatment of *Aureobasidium pullulans fungemia* in a child with neuroblastoma / L.A. Pestova [et al.] // Trends in Invasive Fungal Infections. Abstr. of Conference. Czech Republic. – 2001. – P. 35.

25. Влияние некоторых фунгицидов на токсинообразование в культуре *Fusarium graminearum schw* при глубинном культивировании / Д.И. Чкаников [и др.] // Агрохимия. – 1996. – № 12. – С. 68–73.

26. Монастырский О.А. Влияние фунгицидов на образование токсинов штаммами видов *Fusarium* при заражении зерна пшеницы / О.А. Монастырский // Доклады Россельхозакадемии. – 1995. – № 2. – С. 21.

27. Кульбіда М.І. Сучасний стан клімату України / М.І. Кульбіда, Л.О. Єлістратова, М.Б. Барабаш // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. – 2013. – Вип.35. – С. 118–130.

28. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: Що варто знати фермерам? [Електронний ресурс] // Витяг з «Проєкту «Німецько-український агрополітичний діалог (АПД)» 2019. – Режим доступу: www.apd-ukraine.de. – Назва з екрану.

29. Билай, В.И. Определитель токсинообразующих микромицетов / В.И. Билай, З.А. Курбацкая. – К.: Наукова думка, 1990. – 236 с.

30. Саттон Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов: пер. с англ. / учеб. пособие для вузов / О. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди; под общ. ред. Д.Г. Звягинцев. – М.: Мир, 2001. – 487 с.

31. Билай, В.И. Фузарии. Определитель / В.И. Билай. – К.: Наукова думка, 1977. – 443 с.

32. Скринінг-метод одночасного виявлення афлатоксину В1, патуліну, стеригматоцистину, Т-2 токсину, зеараленону та вомітоксину в різних кормах: метод. рек. – затв. Держдепартам. вет. мед. Мін. АПК України 09.04.1996 р.

33. Тужикова Т. ИФА-наборы для определения микотоксинов / Т. Тужикова, М. Титова // Комбикорма. – 2011. – № 1. – С. 45–48.

МИКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ / Куцан А.Т., Нычик С.А., Захарова О.М., Тарасов А.А.

В роботе представлены результаты микотоксикологических исследований зерновых кормов одного из хозяйств Востока Украины в сравнительном аспекте с интервалом пять лет (2015 и 2020 годы). Всего было исследовано 74 образца в 2015 году и 91 в 2020 году зерна кукурузы, пшеницы, ячменя. При этом установлено, что в 2015 году наибольшая контаминация микромицетами была выявлена в зерне кукурузы и составила для Fusarium, Aspergillus, Penicillium от 42% до 74%, а для Rhizopus, Mucor, Alternaria соответственно от 9% до 29% исследованных образцов. В то же время в 2020 году общая контаминация микромицетами зерна кукурузы выросла до 89% и изменилось их соотношение относительно друг друга. При исследовании образцов зерна 2015 года на содержание микотоксинов было обнаружено, что они представлены значительно большим их спектром (патулин, стеригматоцистин, афлатоксин B_1, зеараленон, охратоксин, фумонизин, Т-2 токсин) как в кукурузе, так и в образцах пшеницы и ячменя от 2% до 29%. А в 2020 году нами было установлено увеличение содержания микотоксинов у 39% исследуемых образцов. Анализируя представленный материал в статье утверждаем, что увеличение контаминации микромицетами и загрязнение микотоксинами зерновых кормов в 2020 году, по-видимому, связано с изменениями климата, которые мы наблюдаем в последние годы в Украине, что приводит к увеличению температуры воздуха и отсутствием влаги на протяжении летних месяцев. А повышение температуры воздуха и почвы в период

вегетации сельскохозяйственных культур совместно с усилением ветров и снижением относительной влажности воздуха значительно увеличивает испарение влаги, что обуславливает худшую влагообеспеченность растений, что и есть способствующим фактором для развития микромицетов, включая и патогенных.

Ключевые слова: *зерновые корма, микромицеты, микотоксины, микотоксикологический мониторинг.*

MYCOTOXICOLOGICAL RISKS OF GRAIN FEEDS / Kutsan O.T., Nychyk C.A., Zakharova O.M., Tarasov O.A.

Introduction. *According to the estimates of the worldэs leading mycologists, the total number of fungi and fungal organisms species is about 1.5 million, and less than 10% of which have been studied to date. The temperature factor and humidity of the environment are among the crucial factors for the development and growth of both microbes and micromycetes. Therefore, any changes in microbiocenoses need to be determined by microbiological monitoring, which will be an objective prognostic factor for the impact of climate change on various ecosystems. This is due to the fact that the migration of various pathogens from wild plants (reservoirs of infections) to agricultural lands has been established. These include fungi of the Fusarium genus, which have become more widespread due to warming in recent years. In this regard, there are changes in all microorganisms, including micromycetes, changing the prognosis of the spread of mycogenic diseases in plants. Therefore, the study of biology, ecology, biochemical and biosynthetic properties of toxigenic fungi, their metabolites, mechanisms of pathological effects on animals must be carried out constantly, because it will develop effective measures to prevent, diagnose and treat mycotoxicosis in animals.*

The goal of the work *was a comparative analysis of the results of mycomonitoring studies of grain feeds in one of the farms of Eastern Ukraine in the interval of the last five years against the background of climate change.*

Materials and methods. *The feed used was selected from one of the farms in eastern Ukraine in the last five years. In 2015 74 samples and in 2020 – 91 samples of corn, wheat and barley were tested. To establish the total fungal count and determine their species composition, the test material was inoculated into Petri dishes with Chapek agar medium and incubated at a temperature of 24°C. The method of serial dilutions was used to calculate the number of fungal diasporas in 1 g of feed. Micromycetes species identification was performed using classic methods based on cultural and morphological properties. The toxigenic properties of isolated micromycetes were studied by their culture fluids effect on the test microorganism Tetrachimena piriformis according to DSTU 3570-97. At the same time, feed samples were tested for the mycotoxins content by ELISA.*

Results of the study and discussion. *It was found that in 2015 the highest micromycete contamination was found in corn grain and Fusarium, Aspergillus, Penicillium from 42 to 74%, as well as Rhizopus, Mucor, Alternaria, respectively, from 9 to 29% of the samples were detected. At the same time, in 2020, the total contamination of corn by micromycetes increased to 89% and their ratio changed (Rhizopus, Mucor, Alternaria, Fusarium). Examination of wheat and barley grain samples revealed that they were also contaminated with toxic micromycetes, although their percentage, which is higher the permissible levels, was much lower. In the study of grain samples in 2015 for mycotoxins content, it was determined that they contained a significantly wide range of*

mycotoxins (patulin, sterigmatocystin, aflatoxin B_1, zearalenone, ochratoxin, fumonisin, T-2 toxin) in both corn and wheat samples. And in 2020 we found an increase in mycotoxins by 39% of the studied samples.

Conclusions and prospects of further research. *The increase in micromycete and mycotoxin grain feed contamination in 2020 is probably due to climate change we have seen in recent years in Ukraine, leading to rising air temperatures and lack of moisture during the annual summer months. And the increase temperature of air and soil during the growing season of crops in combination with stronger winds and lower relative humidity significantly increases moisture evaporation, which causes poorer moisture supply of plants, which is a contributing factor to the development of mycromycetes, including pathogens.*

Keywords: *grain feeds, micromycetes, mycotoxins, mycotoxicological monitoring.*

REFERENCES

1. Hawksworth, D.L. (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1,5 million species estimate revisited. *Mycol. Res., 105,* 1422-1432.

2. Litvin, V.Ju. (1988). Obshhie zakonomernosti i mehanizmy sushhestvovanija patogennyh mikroorganizmov v pochvennyh i vodnyh jekosistemah [General patterns and mechanisms of the existence of pathogenic microorganisms in soil and aquatic ecosystems]. *Jekologija vozbuditelej sapronozov – Ecology of causative agents of sapronosis,* 20-34. [in Russian].

3. Litvin, Yu., Gintsburg, A.L., Pushkareva, V.I., Romanova, Yu.M., & Boev, B.V. (1997). *Jepidemiologicheskie aspekty jekologii bakterij [Epidemiological aspects of bacteria ecology].* M.: Farmarus-print [in Russian].

4. Panin, A.L., et al. (2010). Organizacija mikrobiologicheskogo monitoringa v sisteme sanitarno- jepidemiologicheskogo nadzora za psihrofilnymi mikroorganizmami v rajonah raspolozhenija Rossijskoj antarkticheskoj jekspedicii [Organisation of microbiological monithoring in the system of sanitary epidemiological surveillance of psychrophilic microorganismsin Russian Antarctic expedition dislocation]. *Materialy Jubilejnoj nauch.-prakt. konf., posvjashhennoj 70-letiju kafedry VMRG VMedA im. S.M. Kirova.,* 166-169 [in Russian].

5. Panin, A.L. (2013). Mikrobiologicheskij monitoring iersinij kak osnova sanitarno-jepidemiologicheskogo nadzora za iersiniozami v organizovannyh kollektivah [Microbiological monitoring of Yersinia as the basis for sanitary and epidemiological surveillance of Yersiniosis in organized groups]. *Infekcija i immunitet – Infection and immunity, 3,* 217-228 [in Russian].

6. Levitin, M.M., et al. (2011). Migracii fitopatogennyh gribov i arealy populjacij [The migration of the phytopathogenic fungi and migration areals]. *Mikologija segodnja – Mycology today,* (Vols. 1-2; Vol. 2). Moscow: National academy of mycology [in Russian].

7. Monastyrskij, O.A. (2001). Toksinoobrazujushhie griby, parazitirujushhie na zerne [Toxinogenic fungi of grain]. *Agro XXI, 11,* 6-7 [in Russian].

8. Joffe, A.Z. (1984). *Fusarium species. Their biology and toxicology.* N.-York: John Wiley & Sons.

9. Platonova, Ju.V., & Surin, N.A. (2004). Geografija gribov roda Fusarium (literaturnyj obzor) [Geography of fungi of the genus Fusarium (literary review)] *Fundamentalnye issledovanija – Fundamental research, 4,* 95-97 [in Russian].

10. Levitin, M.M., et al. (1998). O vidovom i vnutrividovom raznoobrazii gribov roda Fusarium na zernovyh kulturah [Species and interspecies peculiarities of Fusarium fungi in grain]. *Sovremennye problemy mikologii, algologii i fitopatologii: cb. trudov Mezhdunarodnoj konferencii, posvjashhennoj 80-letiju kafedry mikologii i al'gologii i 90-letiju so dnja rozhdenija M.V.Gorlenko*

(April, 1998) – Modern problems of mycology, algology and phytopathology: Proceedings of the International Conference dedicated to the 80th anniversary of the Department of Mycology and Algology and the 90th anniversary of the birth of M.V. Gorlenko (pp. 64-66). M.: Izdatelstvo MGU [in Russian].

11. Levitin, M.M. (2002). Fuzarioz kolosa zernovyh kultur [Fusariosis of grain cultures]. *Zashhita i karantin rastenij – Plant protection and quarantine, 1,* 16-17 [in Russian].

12. Monastyrskij, O.A. (1995). Skrytaja toksichnost – prichina hronicheskih toksikozov rastenij i zhivotnyh [Hidden toxicity is the causing agent of the plants and animals chronic toxicosis]. *Vestnik RASHN – Bulletin of RAAS, 6,* 26-29 [in Russian].

13. Monastyrskij, O.A. (2001). Monitoring toksinoobrazujushhih gribov zernovyh zlakov [The monitoring of toxiforming fungy of grain]. *Agrohimija – Agronomy, 8,* 79-87 [in Russian].

14. Monastyrskij, O.A. (1998). Selskohozjajstvennye aspekty issledovanija fitopatogennyh toksinoobrazujushhih gribov [Agrarian aspects of phytopatogenic toxigenic fungi]. *Agro XXI, 10,* 18-19 [in Russian].

15. Leonov, A.N., et al. (1998). Izuchenie toksinogeneza Fusarium graminearum schw pri ponizhennoj temperature kultivirovanija [Investigation of toxinogenesys Fusarium graminearum in low temperature conditions]. *Mikologija i fitopatologija – Mycology and phytopathology, 28 (1),* 60-63 [in Russian].

16. Boltjanskaja, Je.V., & Krojakova, E.A. (1998). Vlijanie temperatury na nakoplenie kulturoj Fusarium sporotrichiella toksina T-2 v pshene [Impact of temperature on Fusarium sporotrichella T-2 on feed]. *Mikologija i fitopatologija – Mycology and phytopathology, 22(2),* 123-128 [in Russian].

17. Ruhljada, V.V. (1989). Vlijanie faktorov vneshnej sredy na biosintez T-2 toksina gribom Fusarium sporotrichiella Bilai [Impact of environment factors on biosynthesis of T-2 toxin by Fusarium sporotrichiella Bilaj]. *Mikologija i fitopatologija – Mycology and phytopathology, 23(2),* 151-156 [in Russian].

18. Griby nachali ohotu na ljudej [Fungi start hunting for man]. (2001). *Delovaja pressa. Novye tehnologii – Business press. New technologies, 11*(84) [in Russian].

19. Evaluation of certain mycotoxins in food. (2002). Fiftysixth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: World Health Organisation.

20. Monastyrskij, O.A. (1995). Skrytaja toksichnost – prichina hronicheskih toksikozov rastenij i zhivotnyh [Hidden toxicity the cause of chronic toxicosis of plants and animals]. *Vestnik RASHN, – Bulletin of RAAS, 6,* 26-29 [in Russian].

21. Bilaj, V.I., & Pidoplichko, N.M. (1970). *Toksinoobrazujushhie mikroskopicheskie griby i vyzyvaemye imi zabolevanija cheloveka i zhivotnyh [Toxineforming microscopic fungi and causing diseases of man and animals]*. Kyiv: Naukova dumka [in russian]

22. Rasooly, L., & Pestka, J.J. (1994). Polyclonal autoreactive IgA increase and mesangial deposition during vomitoxin-induced IgA nephropathy in the BALB/c mouse. *Food Chemical Toxicogies, 32,* 329-336.

23. Levitin, M.M. (2003). Mikotoksiny fitopatogennyh gribov i mikotoksikozy cheloveka [Mycotoxins of fytopatogenic fungi and human mycotocsicosys]. *Uspehi medicinskoj mikologii – Advances in medical mycology, 1,* 148-150. [in Russian].

24. Pestova, L.A., Bogomolova, T.S., Klimko, N.N., et al. (2001). Successful treatment of *Aureobasidium pullulans fungemia* in a child with neuroblastoma. *Trends in Invasive Fungal Infections. Abstr. of Conference.* (p. 35). Czech Republic.

25. Chkanikov, D.I., Sokolova, G.D., Devjatkina, G.A., et al. (1996). Vlijanie nekotoryh fungicidov na toksinoobrazovanie v kulture Fusarium graminearum schw pri glubinnom kultivirovanii [Impact of some fungicides onto toxineforming in fusarium cultures during deep cultivating]. *Agrohimija – Agrochemistry, 1*2, 68-73 [in Russian].

26. Monastyrskij, O.A. (1995). Vlijanie fungicidov na obrazovanie toksinov shtammami vidov Fusarium pri zarazhenii zerna pshenicy [Impact of fungicides onto toxin forming by Fusarium species strains by contaminating the grane]. *Doklady Rosselhozakademii – Reports of the Russian Agricultural Academy, 2,* 21 [in Russian].

27. Kulbida, M.I., Yelistratova, L.O., & Barabash, M.B. (2013). Suchasnyi stan klimatu Ukrainy [The current state of Ukraine's climate]. *Problemy okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha ta ekolohichnoi bezpeky – Problems of environmental protection and ecological safety, 35,* 118-130 [in Ukrainian].

28. Zmina klimatu ta silske hospodarstvo v Ukraini: Shcho varto znaty fermeram? [Climatic changes in Ukraine. What farmers have to know?]. (2019). *Nimetsko-ukrainskyi ahropolitychnyi dialoh (APD) – German-Ukrainian agropolitical dialogue.* Retrieved from www.apd-ukraine.de [in Ukrainian].

29. Bilaj, V.I. (1990). Opredelitel toksinoobrazujushhih mikromicetov [Toxineforming micromicetes identificator]. *Kyiv: Naukova dumka* [in Russian].

30. Sutton, D., Fotergill, A., & Rinaldi, M. (2001). *Opredelitel patogennyh i uslovno patogennyh gribov [Identificator of pathogenic and opportunistic fungi]*. D.G. Zvyagintsev (Ed.). Moscow: Mir [in Russian].

31. Bilaj, V.I. (1977). *Fuzarii. Opredelitel [Fusarii identificator]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].

32. *Skryninh-metod odnochasnoho vyiavlennia aflatoksynu V1, patulinu, steryhmatotsystynu, T-2 toksynu, zearalenonu ta vomitoksynu v riznykh kormakh [Screening method for simultaneous detection of aflatoxin B1, patulin, sterigmatocystin, T-2 toxin, zearalenone and vomitoxin in different feeds]*. (1996). Kyiv: Derzhdepartam. vet. med. Min. APK Ukrainy [in Ukrainian].

33. *Tuzhikova M. IFA-nabory dlia opredelenia micotoksinov [ELISA- kits for mycotoxins detection]*. (2011). Комбикорма, 1, 45–48 [in Russian].