

наук.-практ. конф. «Медико-біологічні студії екосистем», 4 – 5 січня 2008 р. – Донецьк, 2008. – 310 с.

7. Унифицированные методы исследования качества вод : методы химического анализа вод. – М. : Наука, 1977. – 830 с.

8. Федоренко О. І. Основи екології : підручник – О. І. Федоренко, О. І. Бондар, А. В. Кудін – К. : Знання, 2006. – 266 с.

УДК 54

Мар'яна ДОСВЯДЧИНСЬКА

ХІМІЧНА СТРУКТУРА ТА БІОСИНТЕЗ МІКОТОКСИНІВ ГРИБІВ РОДУ ASPERGILLUS

У статті проаналізовано сучасні наукові роботи, що стосуються мікотоксинів, зокрема роду Aspergillus, їхньої хімічної будови та процесів біосинтезу. Ця проблема є надзвичайно актуальною та потребує подальшого вивчення.

Ключові слова: мікотоксини, афлатоксини, охратоксини, хімічна структура, біосинтез мікотоксинів.

The paper explores the current scientific work related to mycotoxins, including the species of Aspergillus, their chemical structure and biosynthesis processes. This issue is extremely important and requires further study.

Key words: mycotoxins, aflatoxins, ochratoxins, chemical structure, biosynthesis processes of mycotoxins.

Мікотоксини – токсичні речовини складної хімічної будови, які продукуються мікроскопічними грибами. Мікроскопічні гриби за типом живлення та обміну речовин мають ознаки як рослин (апикальний ріст, клітинна полярність, наявність клітинної оболонки), так і тварин (гетеротрофний тип обміну речовин за вуглецем, наявність глікогену та хітину в оболонках та інші). Займаючи третє місце за чисельністю видів після тварин і рослин, мікроскопічні гриби відрізняються за морфологією, способом життя та живлення, механізмами адаптації та іншими ознаками. Мікотоксини – це найбільш токсичні природні канцерогени із всіх сполук, описаних сьогодні. За даними FAO, щорічному забрудненню мікотоксинами піддається не менше ніж 25 % усіх продовольчих ресурсів. Основний шлях потрапляння мікотоксинів в організм людини – харчовий. У рейтингу канцерогенного ризику, пов'язаного з контамінантами їжі, мікотоксини роду *Aspergillus* (афлатоксини і охратоксин А) посідають перше місце, вони в десятки разів вищі від ризику, пов'язаного з такими забруднювачами, як діоксини, пестициди

(Л. В. Кравченко, В. А.Тутельян, 2005). Розповсюдження та швидке нагромадження мікотоксинів у субстратах пояснюється тим, що вони утворюються у ланцюгу послідовних ферментних реакцій з відносно невеликої кількості хімічно простих проміжних продуктів основного метаболізму, а саме ацетату, малонату, меквалату та амінокислот [11]. Слід окремо розглянути мікотоксини роду *Aspergillus*, які є небезпечними для здоров'я людини, а саме афлатоксин і охратоксин [2, 6].

Хімічна структура афлатоксинів. За хімічною будовою мікотоксини – це ароматичні поліциклічні сполуки з молекулярною масою в межах 200 – 400, у складі яких є карбон, гідроген та кисень. Більшість мікотоксинів не руйнується при звичайній кулінарній та технологічній обробці забруднених ними харчових продуктів. Про кількість їхніх видів та розповсюдженість свідчить перелік відомих токсикозів [7, 5]. Так, гриби роду *Aspergillus* продукують афлатоксини В1, В2, G1, G2, охратоксини А, В, С, фумітриморгіни А та В, триптоквивалін, фумітоксини А, В, С, D, цитохалазин Е.



Рис. 1 *Aspergillus fumigatus* (вигляд під електронний мікроскоп) [11]

Вказані мікотоксини продукуються при розмноженні грибів на таких природних субстратах, як арахіс, кукурудза, бобові, насіння бавовни, горіхи, фрукти, овочі, спеції, фураж, сири, зернові, рис, силос. Цим мікотоксинам притаманна гепатотоксична, канцерогенна, мутагенна, тератогенна, імунодепресивна, нефротоксична та капіляротоксична дія [6]. Найвідоміші й найбільш вивчені афлатоксини. Уперше, у 1961 р. вони були виділені із арахісового борошна, зараженого грибом *A. flavus*, який дав назву цій групі мікотоксинів – *A. (aspergillus) fla (vus) toxins*. Родина афлатоксинів включає не менше ніж 16 сполук, з яких 4 (афлатоксини В1, В2, G1 і G2) є природними забруднювачами харчових продуктів і

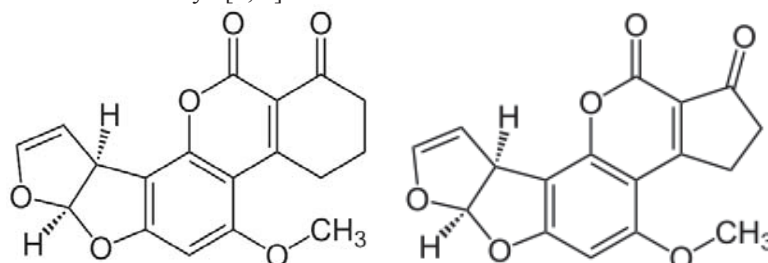
кормів, а решта – їхні метаболіти, що утворюються в організмі ссавців. Буквені позначення характеризують здатність афлатоксинів флюоресціювати в ультрафіолетовому світлі: група В – блакитним (blue), група G – зеленим (green) (таб. 1). Їхній синтез може проходити при температурі 12 – 13 С°, 40 – 42 С° і вологості повітря 85 %. При вологості нижче 85 % синтез афлатоксинів припиняється [7, 10].

Таблиця 1

**Основні фізико-хімічні властивості основних мікотоксинів
роду *Aspergillus* [11]**

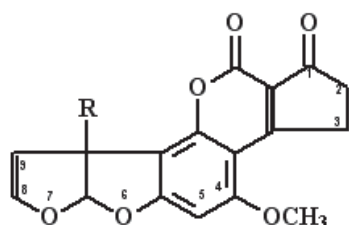
Мікотоксини	Мол. маса	t пл., °С	λ макс, нм	Флуоресценція, колір, нм
Афлатоксин В ₁	312	268-269	265,362	голубий, 425
Афлатоксин G ₁	328	244-246	–	зелений 450
Афлатоксин М ₁	328	299	265,357	голубий, 425
Охратоксин А	403	169	213,332	зелений 475
Охратоксин В	369	221	218,318	голубий

Афлатоксини – кристалічні, термостійкі речовини з температурою плавлення 268 – 269°С, добре розчиняються в органічних розчинниках. За хімічною структурою вони вважаються фурукумаринами – природними сполуками, в основі яких лежить з'єднання бензойного й фуранового кілець. Мікотоксини (за винятком охратоксинів) достатньо стійкі до дії кислот, розкладаються лугами з утворенням нетоксичних і малотоксичних сполук [2, 7].

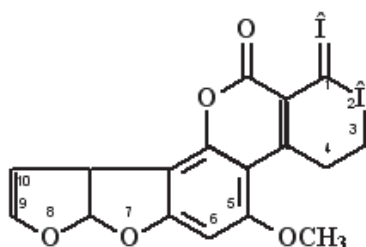


афлатоксин G1 афлатоксин B1

Рис. 1. Хімічна структура афлатоксинів G1 і B1



Група I
Афлатоксин В₁: R=H
Афлатоксин В₂: R=H, положення 8 і 9
гідровані **Афлатоксин М₁**: R=OH



Група II
Афлатоксин G₁
Афлатоксин G₂: положення 9 і 10 гідровані

Рис. 2. Хімічна структура афлатоксинів

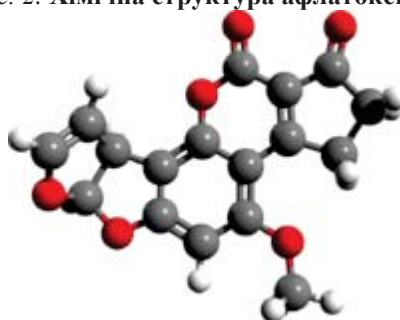


Рис. 3. 3D Структура афлатоксину В₁

Хімічна будова охратоксину. Ще одним яскравим представником мікроскопічних грибів роду *Aspergillus* є охратоксини – група подібних за структурою сполук, що володіють нефротоксичними, канцерогенними, мутагенними, імуносупресивними та ембріотоксичними властивостями, і небезпечні для організму сільськогосподарських тварин і людини. Інтенсивність утворення охратоксину залежить від виду корму, активності гриба-продуцента, вологості корму, а також температури, при якій розвивається охратоксиногенний гриб. Токсикогенні гриби можуть розвиватися і виробляти токсин у зерні пшениці, ячме-

ню, вівса, кукурудзи, насінні квасолі, арахісу, комбікормі [1]. Найчастіше охратоксин виявляють у зерні, що зазнає самозгрівання (оптимальна температура для його синтезу – +27°C до +30°C). Залежно від структурних особливостей, охратоксини поділяють на групи: А, В, С. Найважливішим вважають охратоксин А, який продукують, головню, гриби *Aspergillus ochraceus* [3, 9].

Охратоксин А – біла кристалічна речовина з температурою плавлення 94 – 96°C при перекристалізації із бензолу, молекулярною масою 403. Охратоксин А добре розчиняється у підкисленому хлороформі, бензолі, метиленхлориді, етанолі, ацетоні, водних розчинах лугів. На хроматографічних пластинках в УФ-променях, довжиною хвилі 365 нм, охратоксин А флуоресцює зелено-голубим кольором. При витриманні хроматограми в парах аміаку протягом 5 хв охратоксин А змінює флуоресценцію до темно-синього кольору [1, 8].

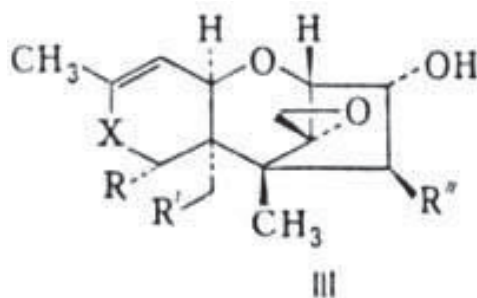


Рис. 4. Хімічна структура охратоксинів

Охратоксин А: R=COOH, R=Cl

Охратоксин С: R=C(O)OC₂H₅

Охратоксин В: R=COOH, R=H R'=Cl

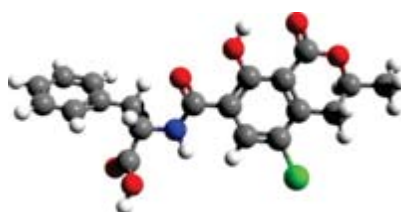


Рис. 5. Структура охратоксину А

Біосинтез мікотоксинів. Важливими етапами біосинтезу мікотоксинів є реакції конденсації, окиснення – відновлення, алкілювання та гало-

генізації, унаслідок чого утворюються різні за структурою попередники мікотоксинів. Є 5 основних шляхів біосинтезу мікотоксинів: полікетидний для афлатоксинів, стеригматоцистину, охратоксинів, патуліну та інших; терпеноїдний для трихотеценових мікотоксинів; через цикл трикарбонових кислот – для рубратоксинів; шлях через вихідні сполуки амінокислоти – ергоалкалоїди, спорідесмін, циклопіазонова кислота та інші; змішаний шлях (поєднання двох і більше шляхів) – для похідних циклопіазонової кислоти. Вважається, що основним для біосинтезу значної групи мікотоксинів є полікетидний шлях. При цьому відбувається лінійна конденсація ацетил-СоА з трьома чи більше молекулами малоніл-СоА з одночасним декарбоксилюванням, але без обов'язкового відновлення проміжних бета-дикарбонільних систем. Залежно від числа С2-одиниць, включених у молекулу, мікотоксини, які синтезуються таким шляхом, поділяються на тетракетиди (патулін, пеніцилова кислота), пентакетиди (охратоксин А, цитронін), гексакетиди (малаторизин), гептакетиди (біомеллеїн, ксантомегнін), октакетиди (ергохромі, лютеоскирин), нонакетиди (зеараленон, цитохалазини, цитреовіридин), декакетиди (афлатоксин, стеригматоцистин) [8, 10].

Отже, мікотоксини відрізняються між собою за хімічною будовою, механізмами дії, біосинтезом, але загальною ознакою для всіх мікотоксинів є їхня токсичність і небезпека для живих організмів і людини зокрема.

Література

1. Андрійчук А. В. Продуктування охратоксину А штамами гриба *Aspergillus niger* van Tiegh / А. В. Андрійчук // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 4. – С. 79 – 80.
2. Головчак Н. Структура та вплив мікотоксинів на живі організми / Н. Головчак // Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2007. – Вип. 43. – С. 33 – 47.
3. Коляденко В. Г. Мікотоксини плісневих грибів: гепатотоксична, нефротоксична, канцерогенна, мутагенна та ембріотоксична дія / В. Г. Коляденко, В. І. Степаненко, В. А. Кравченко // Мікологія. – Березень, 2002. – № 1. – С. 47 – 50.
4. Коляденко В. Г. Плісеневі гриби – етіопатогенетичне значення у виникненні та розвитку мікозів. Міф чи реальність? Еволюція наукових досліджень / В. Г. Коляденко, В. І. Степаненко // Україн. журн. дермат. венерол. і косметол. – 2001. – № 1. – С. 41 – 47.
5. Лугаускас А. Потенциальные условно-патогенные микромицеты в окружающей среде производства пищевых продуктов / А. Лугаускас, В. Янушка // Пробл. мед. микологии. – 2005. – Т. 7, № 2. – С. 41 – 42.
6. Марфенина О. Е. Распространение потенциально патогенных микромицетов в окружающей среде / О. Е. Марфенина // Пробл. мед. микологии. – 2000. – Т. 2. – № 2. – С. 36 – 37.
7. Смирнов В. В. Микотоксины: фундаментальные и прикладные аспекты / В. В. Смирнов, А. М. Зайченко, И. Г. Рубежняк // Совр. проблемы токсикологии. – 2000. – №. – С. 5 – 12.

8. Abdel-Wahhab M. A. Melatonin counteracts oxidative stress in rats fed with an ochratoxin A contaminated diet / M. A. Abdel-Wahhab, V. V. Abdel-Galil, M. El-Lithey // Pineal Res. – 2005. – Vol. 38. – P. 130 – 135.
9. Anon J. Mycotoxins, Economic and Health Risks / Council for Agricultural science and Technology. – 1989. – Report No. 116. – P. 91.
10. Robens J. F. Aflatoxins in animal and human health / J. F. Robens, J. L. Richard // Rev. Environ. Contam. Toxicol. – 1992. – Vol. 127. – P. 69 – 94.
11. <http://uk.wikipedia.org/wiki/>

УДК 54

**Катерина КІНЧЕШІ,
Олександр КІНЧЕШІ,
Тетяна КУЦЕРИБ**

ФОНОВИЙ МОНІТОРИНГ, ЙОГО РОЛЬ В ІСНУВАННІ ПРИРОДНИХ І ТЕХНОГЕННИХ ЕКОСИСТЕМ

Вивчення ролі фонового моніторингу в існуванні природних та техногенних екосистем на сьогодні є досить актуальною проблемою. Саме це питання і висвітлено у нашій роботі. Свою увагу ми зосередили на основних екологічних проблемах на завданнях фонового моніторингу та його організації.

Ключові слова: фоновий моніторинг, екосистема, екологічні проблеми, біота, заповідник.

A study of role of the base-line monitoring in existence of natural and technogenic ecosystems for today is the issue enough of the day. Exactly these questions are reflected in our work. The attention we concentrated on the basic ecological problems of today, on the tasks of the base-line monitoring and his organization.

Key words: base-line monitoring, ecosystem, ecological problems, biota, preserve.

У середині ХХ ст. у біосфері відбувалися локальні й регіональні екологічні кризи. Згубний вплив людини на біосферу досягнув глобальних масштабів і проявився у тотальному забрудненні природних середовищ, інтенсивному використанні ресурсів природи, що спричинило розвиток глобальної екологічної кризи. На планеті було втрачено загалом ≈ 20 % видів живих істот [1]. Великі річки Європи (Рейн, Одер) перетворилися на стічні канали, де повністю зникла біота. Активно поширювалася деградація ґрунтів, водна ерозія охопила 56 % площі земель суходолу, опустелювання території з загальною площею пустель і напівпустель 48,4 млн км² щороку збільшується на 6 млн га, скорочення площ тропічних лісів і тайги призводить до зменшення кількості кисню в атмосфері, зникнення деяких видів рослин та тва-