Доц. д-р Тери Врабчева, дм

КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В ЕВРОПА И РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО НА МИКОТОКСИНИТЕ

НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ И АНАЛИЗИ

Издава НЦОЗА, 2019

© Тери Врабчева - автор, 2019
Издание на Национален център по обществено здраве и анализи

София, 2019

ISBN 978-954-8404-46-4

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Загрижеността на човечеството за околната среда и за глобалното затопляне датира от поне три десетилетия. През 1988 г. някои световни лидери определиха глобалното затопляне като най-голяма опасност. Маргарет Тачър нарича себе си „зелен премиер“. Джордж Х.В. Буш заяви, че ще бъде "президент по околната среда", ако бъде избран. Канадският премиер Брайън Мулруни назначи министър на околната среда, който заяви, че „глобалното затопляне… заплашва оцеляването на нашия вид“.

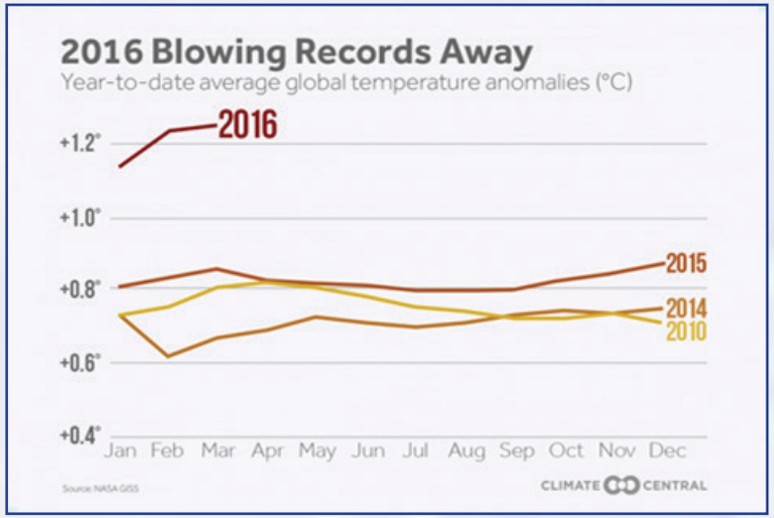
В началото на 2015 г. президентът на САЩ Барак Обама в своето изявление пред американската нация описва като най-голяма заплаха за бъдещите поколения климатичните промени. Последните повлияват както развиващите се страни, така и развитите страни, включително Европа. 17 от 18 най-топли години от началото на регистрациите се падат на първите 18 години от началото на 21 век. 2018 г. е 4-тата най-топла година заедно с 2015, 2016 и 2017 г. съгласно Световната метеорологична организация (фигура 1).

Фигура 1. *Десетте най-горещи години глобално*

Източник: https://www.climatecentral.org/gallery/graphics/the-10-hottest-global-years-on-record

2016 г. е най-топлата, откакто се водят регистрациите на температурите. Още през първите месеци на 2016 г. са отчетени рекордно високи температури глобално (фигура 2).

Фигура 2. *Средногодишни температури глобално*



Източник: https://www.climatecentral.org/gallery/graphics/2016-is-blowing-away-global-heat-records

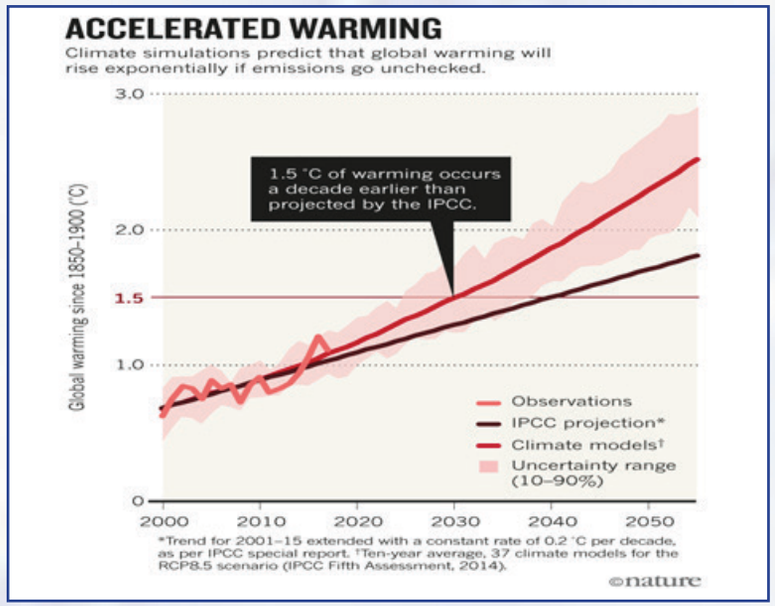
„Ако не действаме енергично, продължава Обама, *ние ще продължаваме да бъдем свидетели на покачване нивото на океаните, по-дълги и по-горещи вълни, опасни суши и наводнения, масивни разрушения, които да доведат до нарастване на миграцията, конфликти и глад по цялото земно кълбо".*

Папа Франциск заявява *"Налице е реална опасност да оставим на бъдещите поколения само развалини, пустини и отпадъци."*

От 1880 г. средната температура на повърхността на Земята се увеличава с 0.8°C, според учени от NASA, като най-силно е затоплянето през последните 30 години. Темпото на затоплянето е по-бързо в Европа, отколкото в други части на света, като през последното десетилетие температурата на европейския континент е средно с 1.3°C над равнището от преди промишлената революция, в сравнение със средното за света покачване от 0.8°C.

През 2018 г. Обединените нации разпространяват тревожен сигнал, че светът има 12 години, за да предотврати климатична катастрофа, в доклад на водещи световни учени по климата. Докладът на Междуправителствения панел на ООН за изменението на климата (IPCC) предупреждава, че глобалното затопляне трябва да се задържи до 1.5°C над прединдустриалните нива, за да се намали рискът от суша, наводнения и екстремни горещини. Учените твърдят, че покачването с 1.5°C ще означава, че климатът се поддържа на ниво, което можем да управляваме. Климатична симулация прогнозира, че глобалното затопляне ще нараства експоненциално, ако емисиите не се контролират (фигура 3). В доклада се призовават властите да предприемат „безпрецедентни мерки", за да се избегне „немислимо увреждане на климатичната система".

Фигура 3. *С 1.5°C затопляне се случва 10 години по-рано от прогнозираното от IPCC*



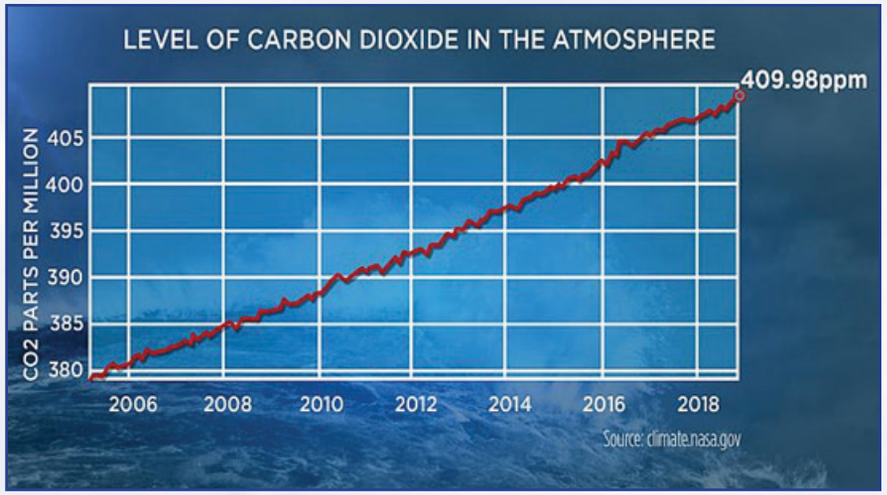
Източник: https://www.nature.com/articles/d41586-018-07586-5

През декември 2018 г., по време на конференцията COP 24 за климата в Катовице, Полша, трима учени заявяват, че докладът на IPCC всъщност е твърде оптимистичен. Те описват глобалното

затопляне като „ускоряващ товарен влак“ в доклада „Глобалното затопляне ще се случи по-бързо, отколкото си мислим ”, публикуван в сп. “Nature”.

Световната метеорологична организация (WMO) в свой доклад от ноември 2018 г. заявява, че ние сме последното поколение, което може да направи нещо срещу климатичната промяна. "Ние не сме в добра позиция да постигнем целите по отношение на изменението на климата и да спрем повишаването на температурата", казва Петтери Таалас, генерален секретар на WMO. "Концентрациите на парникови газове отново са на рекордни нива и ако се запази настоящата тенденция, е възможно температурата да се увеличи от 3 до 5°C до края на века". Нивата на въглероден диоксид в атмосферата днес са по-високи от всякога през последните 3-5 милиона години, а през 2013 г. нивата на CO_2 надхвърлят 400 ppm за първи път в историята. Само три години по-късно нивата, надвишаващи този решаващ показател, стават постоянно състояние. 2018 г. бележи нов рекорд във въглеродните емисии (фигура 4). Известно е, че при повишени парникови газове в атмосферата има по-голяма абсорбция на дълги вълни. С по-топла атмосфера има по-висока средна температура и по-високи местни температури и рискът от топлинни вълни се увеличава.

Фигура 4. *Нива на CO_2 в атмосферата*



Източник: https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/

"Ако използваме всички известни източници на изкопаеми горива, повишаването на температурата ще бъде значително по-високо", обяснява Таалас. „Заслужава да се повтори още веднъж, че ние сме първото поколение, което напълно разбира климатичната промяна и последното поколение, което може да направи нещо за това“, добавя Таалас. За съжаление обществото се отнася с известно безразличие към проблема, смятайки, че той касае бъдещите поколения.

Въздействието на климатичните промени върху различни аспекти на човешкото здраве и благополучие е предмет на широко обсъждане, особено поради факта, че глобалният климат се променя по-бързо през последните години. В същото време недостатъчно внимание се обръща на последствията от климатичните промени за хранителната система, която включва всички етапи по хранителната верига „от фермата до вилицата” (първичното производство, транспорта, търговията, съхранението). В литературата се среща информация основно за последствията от климатичните промени върху “food security” (продоволствената сигурност), която се определя от СЗО като «достъп до достатъчна, безопасна и питателна храна». Очакваните климатични промени се предвижда да имат негативно въздействие върху продоволствената сигурност, особено в развиващите се страни на африканския континент.

В последните години стана ясно, че са възможни и вредни въздействия на климатичните промени върху безопасността на храните. Пряко отношение към селското стопанство и безопасността на храните имат: увеличаване на температурата, колебания във валежите, сушата и атмосферния CO_2.

2. КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В ЕВРОПА

Въздействията на климатичните промени в Европа се различават в рамките на ЕС в зависимост от климата, географските и социално-икономическите условия, но всички държави-членки са изложени на изменението на климата. Някои екстремни метеорологични явления се увеличават, а в Южна и Централна Европа зачестяват периодите на необичайни горещини, горските пожари и сушите. Прогнозират се повече валежи и наводнения в Северна и Североизточна Европа. Зачестяването на такива събития вероятно ще увеличи мащаба на бедствията, водещи до значителни икономически загуби, проблеми за общественото здравеопазване и смъртни случаи.

Кони Хедегор, бивш европейски комисар за действията в областта на климата, заявява през 2013 г.: *„Намаляването на емисиите на парникови газове в света трябва да продължи да бъде основният ни приоритет, за да се задържи глобалното затопляне под 2°C и да предотвратим опасното изменение на климата. Неблагоприятните последици от изменението на климата обаче са все по-явни в Европа днес. Приспособяването към тези изменения е едно от най-основните предизвикателства пред териториалното развитие в Европа".*

Европейският континент претърпя необичайно време през 2018 г. След няколко месеца на изключително студено време, последвано от топлина и суша през пролетта и лятото, температурите са доста над средните в по-голямата част от северните и западните райони. Между май и юли скандинавските страни са имали най-сухия и най-топъл период, откакто се води статистика. В Португалия е отбелязан най-горещия им ден в 21-ви век - 44°C, а в Армения, в столицата Ереван, температурите достигат 43.7°C. Много високата температура в някои места на Европа е необичайна дори в света на климатичните промени. 2018 г. не е била най-топлата година, но определено е най-екстремната. Преди не е имало толкова много екстремни събития.

По време на конференцията COP 24 в Катовице, изследване на средиземноморски организации алармира, че климатичната промяна ще се почувства особено в Средиземноморския регион, с по-високи температури, недостиг на вода (въпреки епизодите от есенните наводнения) и сушите, които се очаква да засегнат туризма.

Средното увеличение на температурата до края на 2050 г. се очаква да бъде 3°C, средногодишните валежи в Европа значително ще спаднат, но екстремните дневни валежи ще се увеличат в Северна Европа (IPCC, 2007). Концентрацията на атмосферния CO_2 постоянно се увеличава. Поради глобалното затопляне капацитетът на сушата и океаните да абсорбират антропогенния CO_2 намалява и следователно все по-големи количества CO_2 ще остават в атмосферата при по-топъл климат (IPCC, 2007).

През 2007 г. Европейската комисия публикува Green Paper върху климатичните промени в Европа (European Commission, 2007), в която са посочени най-уязвимите области на европейския континент. Това са:

- Южна Европа и целият Средиземноморски басейн, поради комбинирания ефект от високите температурни увеличения и намаленото ниво на валежи в области, които вече се сблъскват с недостига на вода.
- Планинските области, и по-специално Алпите, където температурите бързо се повишават, водейки до масивно топене на снеговете и ледовете и промяна на водните потоци.
- Крайбрежните зони, поради покачването на морското равнище, комбинирано с повишения риск от бури.
- Силно населените алувиални долини, поради повишения риск от бури, силните валежи и внезапните наводнения, водещи до широкомащабни щети на застроените зони и инфраструктурата.
- Скандинавия, където се очакват много повече валежи, основна част от които под формата на дъжд вместо сняг.
- Арктическата област, където температурните промени ще бъдат по-съществени, отколкото на което и да било друго място на Земята.

На фигура 5 са показани наблюдаваните и очаквани ефекти от промените в климата върху основните природно-географски региони в Европа. Данните са от доклада на Европейската агенция за околната среда *„Климатичните промени - влияние и уязвимост в Европа (2016 г.)“*. Температурите на повърхността на земята и водните басейни се увеличават. Влажните региони в Европа стават по-влажни, особено през зимата. Сухите региони стават по-сухи, особено през лятото. Климатично свързаните екстремални явления, като горещи вълни, обилни валежи и засушавания, се увеличават по честота и интензивност в много региони. Прогнозите посочват, че тези явления ще продължат през следващите години.

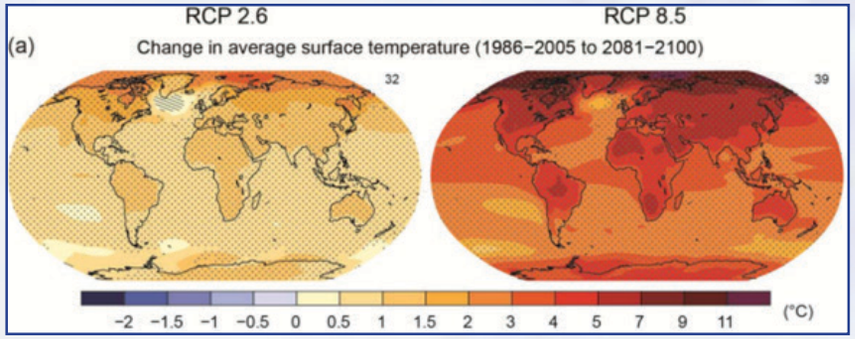
Фигура 5. *Климатичните промени в Европа по региони*

Източник: http://www.europarl.europa.eu/news/bg/headlines/society/20180905STO11945/vliianieto-na-promenite-v-klimata-v-evropa-infoghrafika

3. ПРОГНОЗИРАНЕ НА ИЗМЕНЕНИЯТА НА КЛИМАТА В ЕВРОПА

В глобален мащаб прогнозираните промени в температурата на повърхността на земята за периода 2081-2100 г. се очаква значително да надвишават средните годишни температури от периода 1986-2005 г. (фигура 6). Най-засегнати от тези температурни промени ще бъдат земите от Северното полукълбо (IPCC Working Group I). Тези промени ще зависят основно от бъдещите количества парникови газове в атмосферата.

Фигура 6. *Прогнозирани промени в температурата за периода 2081-2100 г. спрямо периода 1986-2005 г.*

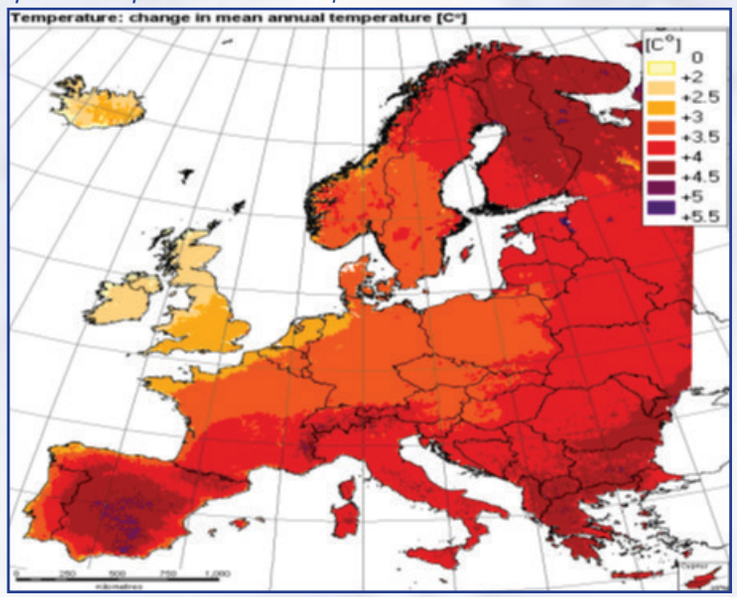


Източник: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-changes-in-average-surface

В анексите към Green Paper на Европейската комисия върху климатичните промени в Европа (European Commission, 2007) се посочват промените, които ще настъпят в Европа до края на 21 век, ако не се вземат спешни мерки за подобряване на ситуацията с парниковите газове (фиг. 7 и 8). Съгласно този доклад средната глобална температура ще се увеличи с 3.4°C до края на този век. В Европа прогнозираните промени на температурата и валежите са различни за различните региони на континента.

Дори светът да успее да ограничи и после да намали емисиите на парникови газове, за нашата планета ще е необходимо време, за да преодолее въздействието на тези газове, които вече са налични в атмосферата. В този смисъл, ние ще сме изправени пред въздействията на изменението на климата, което ще продължи най-малко в течение на следващите 50 години.

Фигура 7. *Изменения на средногодишната температура в Европа до края на настоящия век*



Източник: https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta/peseta-i-results/change-mean-annual-temperature-and-precipitation-end-century

В Южна и Югоизточна Европа (Португалия, Испания, Южна Франция, Италия, Словения, Гърция, Малта, Кипър, България и Южна Румъния) се прогнозира покачване на средногодишната температура с 4-5°C и наличието на вода ще се намали, особено през лятото. Това ще доведе до: намаляване на селскостопанските добиви с 10-30% в много региони, суша, горещи вълни, деградация на почвата и екосистемата, опустиняване. Сушата и високите температури ще увеличат нивата на афлатоксините в културите.

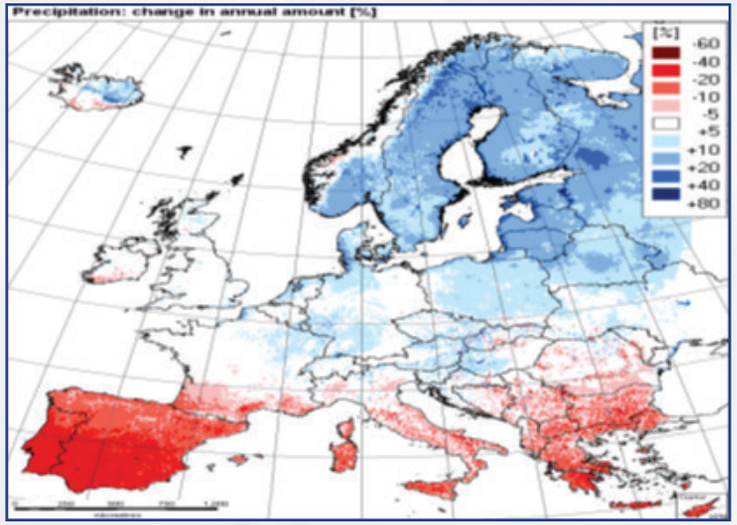
В западните и атлантически страни (Белгия, Холандия, Люксембург, Западна и Северна Франция, Северна Германия, Англия, Ирландия и Дания) се прогнозира увеличаване на средногодишните температури с 2.5-3.5°C, по-сухи и по-горещи лета. През зимата се очакват интензивни валежи, силни бури и наводнения. Невъзможността за добро изсушаване на реколтите ще увеличи нивата на микотоксините в съхраняваните продукти. Специално за Англия през 21 век се очакват по-меки и по-влажни зими, по-горещи и по-сухи лета и повече екстремни климатични явления.

В регионите от Централна Европа (Полша, Чехия, Словакия, Унгария, Северна Румъния, Южна и Източна Германия и Източна Австрия) се очаква покачване на температурите с 3-4°C, увеличаване на валежите през зимата и намаляване през лятото, увеличен риск от наводнения. Селското стопанство ще бъде повлияно от ерозия на почвата, загуба на почвена органична материя, миграция на вредители и болести, лятна суша и висока температура. В Унгария вече се откриват афлатоксин-продуциращи гъбички, които по-рано не са били изолирани (Varga et al., 2007).

В Норвегия, Швеция, Финландия и Балтийските страни температурите ще се увеличат с 3-4.5°C, годишните валежи ще нарастнат с 40% и ще се наблюдава повишен риск от наводнения. Зимата ще бъде по-влажна. Очаква се увеличаване на селскостопанските добиви с 10-30% и отглеждане на нови култури. Възможно е поява на нови вредители и болести, както и увеличаване на общото количество на микотоксините.

Промените в климата ще доведат до съществени изменения в селскостопанската практика, поява на нови болести по културите и значителни промени в профила на микотоксините, продуцирани от микроскопичните гъбички.

Фигура 8. *Изменения в средногодишното количество на валежите в Европа до края на настоящия век*



Източник: https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta/peseta-i-results/change-mean-annual-temperature-and-precipitation-end-century

4. МИКРОСКОПИЧНИ ГЪБИ, ПРОДУЦЕНТИ НА МИКОТОКСИНИ

Микотоксините са вторични метаболити на патогенните гъби, които се развиват по културите и поразяват 25% от световната реколта на зърнени култури (Charmley и съавт., 1995).

В природата повечето зърнени култури, маслодайни семена, орехи, плодове и сушени плодове са податливи към гъбично контаминиране и последващо образуване на микотоксини. При лабораторни условия около 300 микотоксина са продуцирани в чисти кулутури плесени и са химически характеризирани. За щастие само около 20 микотоксина са известни да се срещат в храните при значителни нива и честота, които предизвикват загриженост за безопасността на храните. Тези токсини се продуцират главно от пет рода микроскопични гъби: *Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Alternaria* и *Claviceps* (O'Brien и Dietrich, 2005). Продуцираните микотоксини от тези гъби са:

Aspergillus токсини – афлатоксини B_1, B_2, G_1 и G_2, охратоксин А, стеригматоцистин и циклопиазонова киселина;

Penicillium токсини – патулин, охратоксин А, цитринин, пенитрем А и циклопиазонова киселина;

Fusarium токсини – дезоксиниваленол, ниваленол, зеараленон, Т-2 и НТ-2 токсини, диацетоксисскирпенол, фумонизини и монилиформин;

Alternaria токсини – тенуазонова киселина, алтернариол и алтернариол метил етер;

Claviceps токсини – ергот алкалоиди.

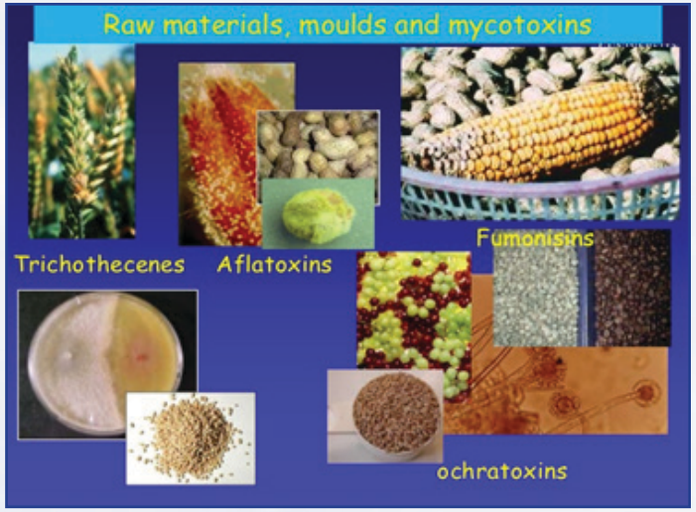
Афлатоксин B_1 е най-често съобщаваният микотоксин по системата RASFF (Kleter и съавт., 2009).

Всички *Aspergillus* и *Penicillium* видове са коменсали, т.е. растат върху културите без видими признаци на патогенност, или проникват в културите след прибиране на реколтата и образуват микотоксини по време на сушенето и съхранението. За разлика от тях, видовете от родовете *Fusarium* и *Claviceps* инфектират културите още на полето преди прибиране на реколтата. Най-важните видове от род *Aspergillus*, които се срещат в по-топлите климатични

пояси, са *Aspergillus flavus* и *Aspergillus parasiticus*, които продуцират афлатоксини в царевица, орехи, фъстъци и други продукти. Главните продуценти на охратоксин А, *Aspergillus ochraceus* и *Aspergillus carbonarius*, се срещат най-често по гроздето, стафидите, във виното и кафето. Penicillium verrucosum също образува охратоксин А, но се среща само в студените климатични пояси, където инфектира дребнозърнести култури. *Fusarium verticillioides* се среща повсеместно в царевицата и продуцира фумонизини, които обикновено преобладават в култури при суша или нападнати от инсекти. Напоследък бе доказано, че *Aspergillus niger* също образува фумонизини. Fusarium graminearum, който е основен продуцент на дезоксиниваленол и зеараленон, е патогенен за царевицата, пшеницата и ечемика, и образува тези токсини в зърнените култури преди прибиране на реколтата. *Claviceps purpurea* образува склероции между семената на пшеницата, ечемика и тритикале и продуцира ергот алкалоидите.

Микотоксините причиняват заболявания или смърт при хората и животните. Независимо, че много такива токсични метаболити са известни, само една малка част от тях причиняват здравословни проблеми: афлатоксини, фумонизини, охратоксин А, трихотецени, зеараленон и ергот алкалоидите (фигура 9).

Фигура 9. *Основните групи микотоксини, имащи значение за здравето на хората и животните*



Източник: https://www.slideshare.net/francoisstepman/mycotoxins-food-security-and-climate-change

Микотоксините предизвикват силни и различни биологични ефекти. Някои са канцерогенни (афлатоксини, охратоксин А и фумонизини), мутагенни (афлатоксини и стеригматоцистин), тератогенни (охратоксини), естрогенни (зеараленон), хеморагични (трихотецени), имунотоксични (афлатоксини и охратоксини), нефротоксични (охратоксини), хепатотоксични (афлатоксини, охратоксини и фомопсини), дерматотоксични (трихотецени) и невротоксични (ерготоксини, пенитреми, лолитреми и паксилин), докато други проявяват антитуморни, цитотоксични и антимикробни свойства. Микотоксините постъпват в човешкия организъм чрез растителни храни като зърнени (царевица, пшеница, ечемик, ориз), кафе, ядки, сушени и пресни плодове, както и чрез животински продукти като мляко, яйца, месо, където се срещат метаболитите на микотоксините (напр. афлатоксин M_1 в млякото и месото – метаболит на афлатоксин B_1). Също така микотоксини се срещат в бирата и виното, напр. охратоксин А е чест контаминант във вината.

Влиянието на микотоксините върху здравето зависи от количеството на приетия токсин, токсичността на веществото, напр. остри или хронични ефекти, телесното тегло на индивида, присъствието на други микотоксини (синергични ефекти). Hsieh (1990) поддържа тезата, че всички следващи критерии трябва да бъдат изпълнени, за да се свърже даден микотоксин към специфично човешко заболяване: съдържание на микотоксина в хранителните продукти; експозиция на хора към микотоксина; корелация между експозицията и честотата на разпространение на микотоксина; възпроизводимост на характерните симптоми при опитни животни; подобен начин на действие при човека и животинските модели.

4.1. Плесени от род Fusarium и техните микотоксини

Между многото родове плесени, които образуват микотоксини, гъбите от род Fusarium са най-широко разпространени по зърнените пояси на планетата. Те продуцират голямо разнообразие от микотоксини в зависимост от факторите на околната среда, културата и методите на съхранение. Количеството образуван токсин зависи от физични (влага, относителна влажност, температура и механична повреда), химични (CO_2, O_2, състав на субстрата, инсектициди и

фунгициди), и биологични фактори (растителен вид, стрес, инсекти, количество спори). Влагата и температурата имат най-голямо влияние върху скоростта на растеж на плесента и образуването на микотоксините. Между най-токсичните и преобладаващи *Fusarium* токсини се открояват: зеараленон, фумонизините, монилиформин и токсичните трихотецени.

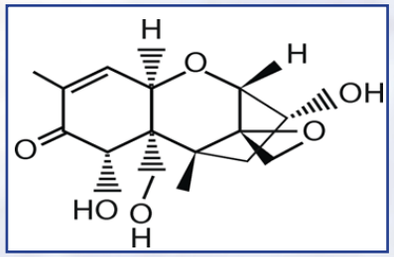
4.1.1. Токсични трихотецени

Токсичните трихотецени са голямо семейство от химически свързани микотоксини, продуцирани от различни видове микроскопични гъби. Те се образуват основно от видове, принадлежащи към род Fusarium в зърнените култури. В резултат могат да бъдат открити в прибраното зърно и фуражите, както и в произведените продукти. На основата на тяхната структура, семейството на токсичните трихотецени може да бъде разделено на два типа, тип А и тип В. Повечето видове Fusarium образуват или тип А, или тип В трихотецени. Основно трихотецените принадлежат към тип А (Т-2 токсин, НТ-2 токсин и диацетоксискирпенол) и тип В (дезоксиниваленол и ниваленол). Токсините от тип А са много по-токсични от тези, отнесени към тип В. Два от най-токсичните членове на групата трихотецени са Т-2 токсин и НТ-2 токсин, които са тясно свързани. Тъй като Т-2 метаболизира в НТ-2 след поглъщане, приема се, че имат еднаква токсичност (Canady и съавт., 2001).

Т-2 токсин и НТ-2 токсин се образуват от няколко вида *Fusarium*: *F. poae, F. sporotrichioides, F. armeniacum* и *F. langsethiae*. Климатичните условия, нарушената цялост на зърната и съдържанието на влага са най-важните фактори, повлияващи образуването на тези микотоксини. Температурният обхват за продукцията на Т-2 токсин е широк, от 0° до 32°C, с максимална продукция при температури под 15°C. Следователно този тип микотоксини се срещат най-често в северните региони на Европа.

Трихотецените се класифицират като гастроинтестинални токсини, дерматотоксини, имунотоксини, хематотоксини и токсини, увреждащи гените. Тяхната токсичност е резултат на способността им да потискат синтеза на протеините, а при по-високи дози и синтеза на ДНК и РНК. Т-2 и НТ-2 токсините, и диацетоксискирпенолът са най-токсичните микотоксини в групата на трихотецените.

Дезоксиниваленолът (фигура 10) и ниваленолът, макар и по-слабо токсични, са също важни, тъй като те се срещат често при нива достатъчно високи, за да предизвикат вредни ефекти.



Фигура 10. *Химическа структура на дезоксиниваленола*

Наличните литературни данни показват, че овесът може да бъде силно контаминиран с Т-2 токсин и НТ-2 токсин, с висока честота на разпространение и високи концентрации. Особено забележимо увеличение на контаминацията е наблюдавано през 2005 г. и последващите години в скандинавските страни. Разпространението и концентрациите на Т-2 токсин и НТ-2 токсин в ечемика е нараснало в цяла Европа от 2004 г. В резултат контаминирането на малца, използван за производството на бира, също е увеличено. При царевицата замърсяването с тези токсини е в умерени нива, докато при пшеницата то не е често и е с ниски стойности. Продуктите, получени от зърнени култури, обикновено показват слабо разпространение и ниски концентрации на Т-2 токсин и НТ-2 токсин. Овесените продукти може да съдържат и двата микотоксина.

Fusarium graminearum (фигура 11) и Fusarium culmorum са основните продуценти на дезоксиниваленол в зърнените култури.

Фигура 11. *Царевица, нападната от Fusarium graminearum*

Източник: https://nl.wikipedia.org/wiki/Fusarium_graminearum

Плесента оцелява върху стари инфектирани стъбла, оставени на полето от предишния сезон, осигурявайки инокулум за новите култури. Растежът на гъбичките и образуването на токсина става още на полето, преди прибирането на реколтата. Съхраняването

на културите при влагосъдържание <14% намалява образуването на токсина. Царевицата, пшеницата, овесът и ечемикът са най-засегнатите култури. Токсинът се открива и в продукти на зърнена основа: брашно, хляб, зърнени закуски, детски закуски, бира, малц. Много често се среща в комбинация с други Fusarium токсини. Дезоксиниваленолът се образува добре при хладни и влажни климатични условия. По тази причина той доминира в северните региони на земното кълбо и е един от най-разпространените микотоксини във фуражите. Веднъж образуван той е изключително устойчив на високи температури – до 350°C, но концентрацията му намалява при варене на паста, тъй като е водноразтворим и се оттича във водата. Свинете са най-чувствителните животни към този микотоксин. Наблюдава се остра диария, атаксия, мукозни хеморагии и е възможна внезапна смърт. Отказ от храна и повръщане се отбелязват и при най-ниските концентрации. Дезоксиниваленолът е също имуносупресив и може да причини проблеми с бъбреците. Пренос на токсина в месо, мляко и яйца е незначителен. При хората той предизвиква остра реакция, която включва повръщане, анорексия, коремна болка и диария. Може да причини увреждане в синтеза на ДНК и протеините в човешки хепатоцити.

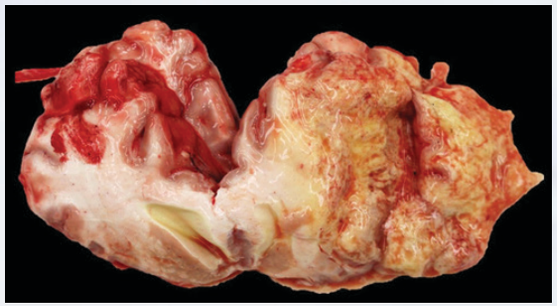
Ниваленолът е един от добре познатите тип В трихотецени и обикновено се среща с други микотоксини като дезоксиниваленол, диацетоксискирпенол и Т-2 токсин. Той е по-токсичен при животните в сравнение с дезоксиниваленол, докато последният е по-токсичен при растенията. Ниваленолът е силен инхибитор на синтеза на протеините, ДНК и РНК в клетки от бозайници и може да причини некроза на клетките, особено в тъкани, които бързо се делят и нарастват като интестиналните епителиални клетки. Обикновено контаминацията на зърнените култури с ниваленол се счита, че е по-слабо, отколкото с дезоксиниваленол. Ниската експозиция към ниваленол при хората, базирана на наличните данни за разпространение в храните, доведе до заключението на Европейската агенция по безопасност на храните, че ниваленолът не представлява проблем за здравето.

4.1.2. Фумонизини

Фумонизините са група естествено срещащи се токсини, продуцирани от няколко вида микроскопични гъби, принадлежащи към род *Fusarium*: *Fusarium verticillioides, Fusarium proliferatum* и *Fusarium fujikuroi*. От тази група най-разпространени и най-добре проучени са фумонизини B_1, B_2 и B_3, като фумонизин B_1 е основният, който се образува в природата. Плесените Fusarium, продуценти на фумонизини, са често срещащи се контаминанти в царевицата и в по-малка степен в пшеницата и другите зърнени култури. Те са разпространени по целия свят, но най-често се откриват в топлите тропически региони, където расте царевица. Високи нива на фумонизини обикновено се образуват в горещо и сухо време, последвано от периоди с висока влажност. Факторите на околната среда като температура, влажност, увреждане от насекоми и валежите по време на прибиране на реколтата и преди това могат да доведат до образуване на изключително високи нива на фумонизини. Царевицата и царевичните продукти съдържат най-високи нива на фумонизин B_1 в страни от Африка, Централна и Южна Америка, Западния тихоокеански регион. Фумонизин B_1 се открива рядко в мляко и млечни продукти, месо и месни продукти, показвайки, че трансферът в животинските продукти е незначителен. Но фумонизин B_1 е намерен в урината на кърмачета, което показва, че човешкото мляко може да бъде източник на експозиция при малките деца. В европейските страни експозицията към тази група микотоксини е ниска, докато в Гватемала, Зимбабве и Китай се отчита висока степен на експозиция. Контаминираната царевица е основният източник на експозиция към фумонизините и може да доведе до много висока експозиция в региони, където царевицата е основна храна. При всички тествани животински видове, фумонизин B_1 е свързан с широк кръг неблагоприятни ефекти върху здравето, специално върху черния дроб и бъбреците. Особено притеснение е потенциалът на токсините да причинява рак, за който се смята, че възниква след нарушаване в метаболизма на мазнините от токсините. Фумонизините притежават потенциална имунотоксичност при прасета и мишки, възможна непряка мутагенност, въздействие върху репродуктивните свойства при прасета и зайци и вродени дефекти - дефекти на невралната тръба - при мишки. Основните здравословни проблеми, свързани с фумонизините, са острите

(еднократна експозиция) токсични ефекти при коне и свине и канцерогенните свойства. Конете са най-чувствителните към фумонизините животни. Когато са отровени с фумонизини, могат да развият фатално заболяване, известно като конска левкоенцефаломалация (омекотяване на мозъчната тъкан). Симптомите на това заболяване включват сънливост, слепота, зашеметяване и втечняване на мозъчната тъкан (фигура 12). Счита се за малко вероятно фумонизини да пресекат кръвно-мозъчната бариера и да индуцират невротоксични ефекти в мозъка; по-скоро се смята, че те действат чрез нарушаване на съдовата система. При прасета белодробният оток, причинен от фумонизини, също е свързан с променена съдова функция. При висока експозиция се наблюдава хепатотоксичност, проявяваща се с некрози и фибрози.

Фигура 12. *Увреден от левкоенцефаломалация мозък на кон*



Източник: https://www.ksvdl.org/resources/news/diagnostic_insights/may2018/ELEM.html

Наблюденията при хора, приемащи контаминирана с фумонизини храна, са твърде ограничени. Предполага се, че фумонизините имат потенциал да индуцират регенеративна клетъчна пролиферация в черния дроб и бъбреците, водеща до рак в животински модели, но няма доказателства за това при хората. Не е открита връзка между експозицията към фумонизини и риска от хепатоцелуларен рак, но в някои проучвания се установява увеличен риск от езофагеален рак, в резултат на приема на контаминиран с фумонизин B_1 ориз. Международната агенция за изучаване на рака (IARC, 2002) отнася фумонизините към група 2B, като възможни канцерогени при хората. Наличните досега данни показват, че фумонизините не притежават остра токсичност при хора.

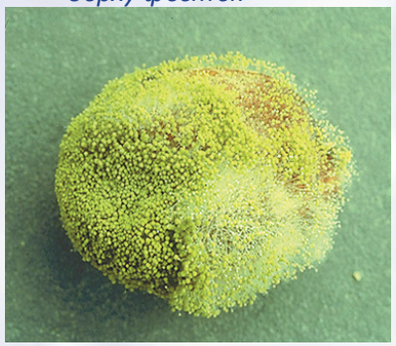
4.2. Плесени от род Aspergillus и афлатоксините

4.2.1. Гъби-продуценти на афлатоксини

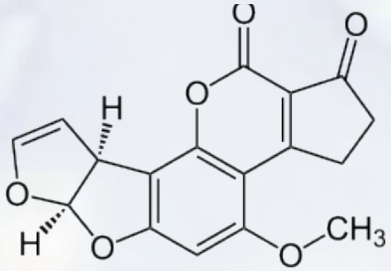
Гъбичките от род Aspergillus, секция flavi са широко разпространени в природата. Те се изолират често от почвите, особено от тези в тропическите и субтропическите области, също така от фуражи и гниещи растения, от семена и зърна на различни култури и от различни видове хранителни продукти. Aspergillus flavus и A. parasiticus могат да контаминират селскостопанските продукти още на полето, по време на прибиране на реколтата и нейното съхраняване. Ключова характеристика на тези два вида от род Aspergillus е способността им да продуцират афлатоксини. Aspergillus flavus се среща повсеместно и предпочита въздушните части на растенията (листа, цветове). Върху хранителна среда има зеленикав цвят (фигура 13), а върху фъстъци – жълто-зелен цвят (фигура 14).

Фигура 13. *Гъбичката Aspergillus flavus върху хранителна среда*

Фигура 14. *Гъбичката Aspergillus flavus върху фъстък*



Фигура 15. *Химическа структура на афлатоксин B_1*

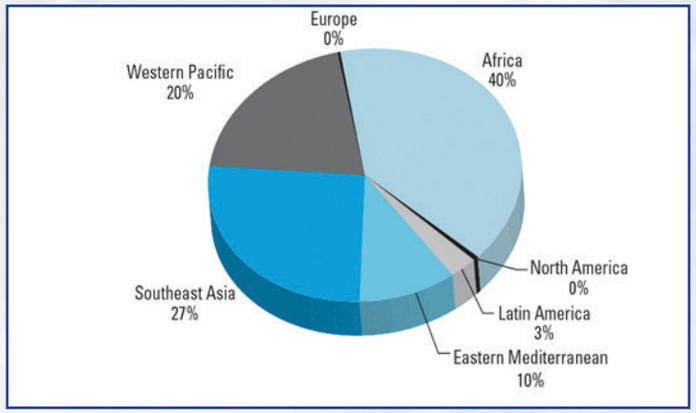


Aspergillus flavus образува афлатоксини B (B_1 и B_2) (фигура 15). Aspergillus parasiticus продуцира афлатоксини B и G (B_1, B_2, G_1 и G_2). Той е по-приспособим към почвената среда и има по-ограничено разпространение. Повечето видове Aspergillus растат при северна и южна ширина между 26° и 35° и не са типични за ширини над 45° (Klich, 2007). Минималната температура за растежа на Aspergillus flavus варира между 10 и 12°C, максималната – между 43 и 49°C, а оптималната е около 33.8°C. Aspergillus flavus може да расте и да образува афлатоксини при 0.73 и 0.85 водна активност съответно (Sanchis and Magan, 2004). Това съответства на 8-12% и 17-19% влагосъдържание в царевицата. Обикновено царевицата се съхранява в силозите при 14% влагосъдържание. Водната активност и температурата са двата най-важни абиотични фактора, които повлияват растежа на гъбичките и образуването на афлатоксини.

4.2.2. Токсичност на афлатоксините

Афлатоксините могат да предизвикат остра токсичност или да действат като канцерогени, тератогени и мутагени. Те са силни хепатотоксини, причиняващи афлатоксикози при хората и животните. В черния дроб се наблюдава некроза, цироза и карциноми и това води до други последствия за здравето. Острите симптоми включват повръщане, коремна болка, белодробен едем, конвулсии, кома и церебрален едем (USDA, 2006). При хората афлатоксините се разглеждат предимно като агент, предизвикващ рак на черния дроб, макар че ракът на белите дробове е също рисков при работници, обработващи контаминирано зърно (Kelly et al., 1997). Поради техните мутагенни, тератогенни и канцерогенни свойства, афлатоксините са класифицирани в Група 1, като вещества, канцерогенни за хората (IARC, 1993). Афлатоксин B1 се счита за най-силният канцероген от всички афлатоксини. Черният дроб е неговата мишена на действие. Токсичният му ефект зависи от дозата и продължителността на експозиция. В експерименти върху животни афлатоксин B1 предизвиква поява на тумори и в други органи: дебелото черво и бъбреците при плъхове, костите и панкреаса при маймуни, аденоми и тумори на белия дроб при мишки. Разпространението на чернодробния карцином, свързано с афлатоксините, е глобално (фиг. 16).

Фигура 16. *Разпространение на случаи на хепатоцелуларен карцином, дължащ се на афлатоксина в различни региони по света*



Източник: https://www.researchgate.net/figure/Distribution-of-HCC-cases-attributable-to-aflatoxin-in-different-regions-of-the-world_fig2_325377732

Субсахара е най-засегнатият регион за този вид рак, причинен от афлатоксините. Югоизточна Азия и Китай са също ключови региони, където карциномът, причинен от афлатоксините, превалира. Основно са засегнати страните, разположени между 40° Северна и 40° Южна ширина спрямо екватора. Той се среща рядко в Северна и Латинска Америка, Австралия и Нова Зеландия, и Европа. Счита се, че чернодробният карцином е третата водеща причина за смърт от злокачествени новообразувания в света, с 550 000-600 000 нови случая всяка година. Той е на 5-то място по разпространение при мъжете и на 7-мо при жените и се среща при относително млади хора в развиващите се страни (Jemal и съавт., 2011).

4.2.3. Разпространение на афлатоксините в Европа

Замърсяването с афлатоксини е глобален феномен, но обикновено културите в тропическите и субтропическите области са по-възприемчиви към контаминиране, в сравнение с тези в регионите с умерен климат. Тъй като климатът играе ключова роля сред условията, които усилват продукцията на афлатоксини, проблемът варира също по сила от година на година. В Европа афлатоксините се разглеждат като «импортен» проблем и затова стриктен контрол

се прилага при вноса на рискови храни, като фъстъци, шам фъстък и царевица. Нивата на афлатоксин B1 са високи в царевицата, пшеницата и ориза, като всички тези култури се отглеждат и внасят в ЕС.

Всички европейски страни, включително и южните, нормално не се характеризират с топло и сухо време през култивацията на зърнените култури. В някои области и години това се случва и тогава гъбичките от род Aspergillus, секция flavi намират подходящи условия за техния растеж и образуване на афлатоксини. Сред зърнените култури в Европа, царевицата е най-изследваната по отношение замърсяването с афлатоксини, следвана от пшеницата. В Италия 3607 проби царевица са изследвани за периода 1982-2007 г. (Battilani et al., 2008). Максимално ниво на афлатоксини (233 µg/kg) е открито през 2004 и 2006 г. През 2003 г. е регистрирано максимално ниво от 155 µg/kg (Piva et al., 2006), година, характеризираща се с много високи температури през целия период на растеж на царевицата и изключителна суша от май до септември. В Турция, страна с оптимални климатични условия за активността на афлатоксин-продуциращите гъбички, са анализирани общо 423 проби царевица за периода 1986-2006. Максимално ниво на афлатоксини от 432 µg/kg е открито през 2006 г. (Oruc et al., 2007). В Румъния за периода 1997-2004 са изследвани 95 проби царевица и максимално откритото ниво е 46.4 µg/kg (Tabuc et al., 2009). Изследванията върху замърсяването на пшеницата с афлатоксини са значително по-малко в сравнение с царевицата. Откритите стойности на афлатоксини в пшеницата са значително по-ниски от тези в царевицата. В Румъния е определена максимална концентрация на афлатоксини в пшеницата 6.4 µg/kg (Tabuc et al., 2009) от общо 106 изследвани проби през периода 1997-2005 г.

4.2.4. Образуване на афлатоксини и факторите на околната среда

Продукцията на микотоксини от микроскопичните гъбички зависи от: климатичните условия (температура и валежи), съхранението на културите, наличието на микронутриенти, увреждането на културите от инсектите и други вредители. Следователно увеличаване или намаляване на добивите от зърнени култури и заедно с това промени в микотоксинообразуването ще се наблюдават с промените в климата, които са от решаващо значение.

Царевицата и пшеницата са основните зърнени култури, отглеждани в Европейския съюз и се използват както за храна на животните, така и за приготвяне на хранителни продукти за хората. Качеството и безопасността на тези култури може да бъде понижено в резултат на контаминиране с микотоксини. Развитието на културите, както и на болестите, причинени от гъбички, зависи от условията на външната среда, следователно и от климатичните промени. При високи температури и ниска водна активност, условия, които се наблюдават при суша, *A. flavus* и *A. parasiticus* стават много конкурентни спрямо другите микроскопични гъбички и могат да се превърнат в доминантни гъбни видове в почвата. Тези условия на околната среда стимулират растежа и образуването на афлатоксини от гъбичките *Aspergillus*, както и активността на инсектите, нападащи културите, което води до отслабване на защитната система на растенията. В година, когато температурата е с 2-3°C по-висока от нормалната, се откриват високи нива на афлатоксини. Високата температура обикновено се съчетава със суша, която от своя страна усилва инфектирането на зърната и гъбния растеж.

Изследвания показват, че модификации във водната активност и температурата въздействат непосредствено върху гените, отговарящи за растежа и афлатоксинообразуването на *A. flavus* и *A. Parasiticus* (Schmidt-Heydtetal., 2010).

4.3. Плесени от род Aspergillus и род Penicillium и охратоксините

4.3.1. Гъби-продуценти на охратоксини

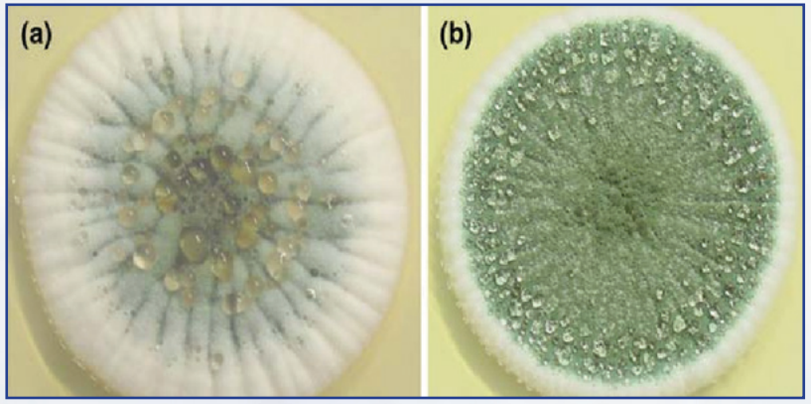
Охратоксин А се продуцира от някои видове микроскопични гъби, принадлежащи към родовете *Aspergillus* и *Penicillium*. Този микотоксин е разпространен в различни хранителни продукти: зърнени и бобови култури, подправки, сушени плодове, ядки, маслодайни семена. Плесените-продуценти контаминират различни култури в зависимост от климатичните условия. Видовете *Aspergillus* преобладават в топлите региони, докато видовете Penicillium се изолират най-често в по-студените области. Оптималната температура за образуването на охратоксин А е между 25 и 30°C. По-рано *Aspergillus ochraceus* (фигура 17)

се разглеждаше като основният продуцент на охратоксин А в относително по-топлите региони, докато *Penicillium verrucosum* (фигура 18) е основният продуцент на охратоксин А в по-студените региони. Но видът *Aspergillus westerdijkiae* (фигура 19), който е филогенетично подобен на *Aspergillus ochraceus*, често се открива в тропическите региони и макар да не расте при 37°C, той се разглежда като един от важните продуценти на охратоксин А в кафето. Други видове продуценти са: *A. carbonarius, A. alliaceus, A. sclerotiorum, A. sulphureus, A. albertensis, A. auricomus,* и *A. wentii*. От род *Penicillium* са известни следните видове продуценти на охратоксин А: *P. verrucosum, P. nordicum* и *P. expansum*.

Фигура 17. *Aspergillus ochraceus върху хранителна среда*

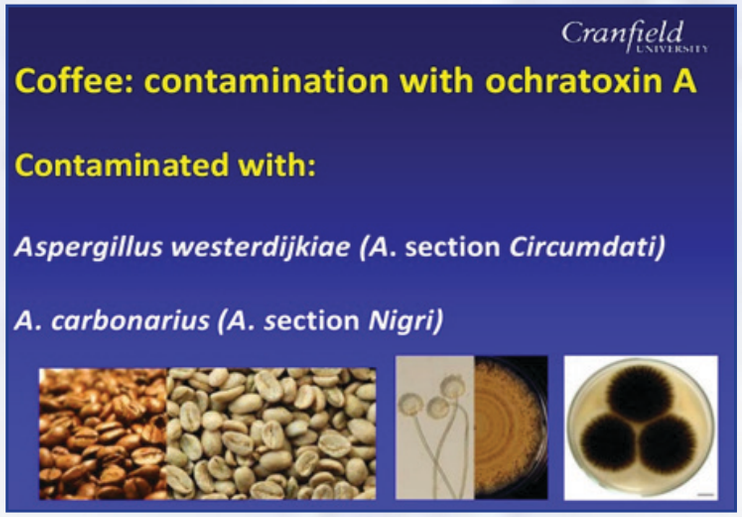
Източник: http://www.univ-brest.fr/digitalAssetsUBO/8/8930_Ph-Aochra01.html

Фигура 18. *Penicillium nordicum (a) и Penicillium verrucosum (b) върху хранителна среда*



Източник: https://www.semanticscholar.org/paper/Guttation-droplets-of-Penicillium-nordicum-and-high-Gareis-Gareis/4526b3c6b6a9f14d7a1e20cde4df7f70586d4201/figure/0

Фигура 19. *Aspergillus westerdijkiae и Aspergillus carbonarius, продуценти на охратоксин А*

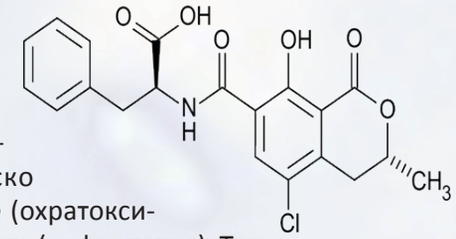


Източник: https://www.slideshare.net/francoisstepman/mycotoxins-food-security-and-climate-change

4.3.2. Токсичност на охратоксините

Охратоксините са група микотоксини, продуцирани от различни видове микроскопични гъби. Основните форми в тази група са охратоксин А, В и С. Охратоксин А (фигура 20) е най-изявеният член в това токсично семейство и за първи път е описан през 1965 г.

Фигура 20. *Химична структура на охратоксин А*



Заболявания, свързани с охратоксин А и имащи икономическо значение, се срещат при птиците (охратоксикоза по домашните птици) и свинете (нефропатия). Тези заболявания се характеризират със силно увреждане на бъбреци. Подобно бавно прогресиращо бъбречно заболяване се среща и при хората (Балканска ендемична нефропатия - БЕН), което протича с клетъчна интерстициална фиброза, тубуларна атрофия и тумори на бъбречните легенчета. БЕН се среща в ограничени

райони на Сърбия, Румъния и България (фигура 20). У нас са засегнати около 50 села във Врачанско и Монтанско, разположени по северните склонове на Стара планина, на около 300 метра надморска височина. Боледуват мъже и жени на средна възраст. Произходът на болестта е неизяснен. Наблюдава се генетична предразположеност. Заболяването причинява тежки поражения на бъбречната тъкан. Бъбреците са с намалени размери, като теглото им достига 20 грама единият.

Фигура 20. *Карта на разпространение на БЕН в България, бивша Югославия и Румъния*

Източник: http://focalpointbg.com/files/IEP/2012/05.pdf

Болестта протича вълнообразно, с периоди на изява и периоди на затихване. Започва постепенно с обща отпадналост, липса на апетит, тъпа поясна и коремна болка, бакърен цвят на кожата, ходилата са зачервени. Развива се упорита анемия. В засегнатите райони туморите на пикочните пътища (уротелиоми) се срещат самостоятелно около 100 пъти по-често, отколкото в незасегнатите, а в 1/3 от случаите са комбинирани с балканската ендемична нефропатия. Артериалното налягане е нормално. Постепенно се развива бъбречна недостатъчност.

4.3.3. Разпространение на охратоксините в Европа

Охратоксин А е широко разпространен контаминант в храни и фуражи. Европейски доклад съобщава за експозиция при хората вследствие на наличие на охратоксин А в следните продукти: 44% зърнени култури, 10% вино, 9% кафе, 7% бира, 5% какао, 4% сушени плодове, 3% месо, 3% подправки и 10% други (ЕС, 2002). Като цяло, средните нива на контаминиране на европейските продукти са относително ниски, но повишени концентрации могат да се появят в отделни партиди. Най-високата съобщавана концентрация е 80 mg/kg охратоксин А в плесенясал хляб, предназначен за храна на животни (Visconti и Bottalico, 1983). Охратоксин А има силен афинитет към протеините и особено към серумния албумин, което стимулира биоакумулирането в органите на животните, водещо до пренос на замърсяването (Duarte и съавт., 2012). Следователно мускулите и карантията на животните, както и млякото и понякога яйцата, могат да бъдат контаминирани. Най-високи нива на замърсяване с охратоксин А могат да бъдат открити в свински кръвни колбаси, „черни пудинги“ и продукти от черния дроб (например пастети, колбаси).

5. КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ И МИКОТОКСИНИТЕ

Климатичните промени ще доведат до промени в отглеждането на културите в Европа. Очаква се продукцията на царевица да се увеличи с 30-50% в Северна Европа и силно да намалее в Южна Европа. Инфектирането на зърнените култури на полето с гъби и последващото образуване на микотоксини, се повлиява от климатичните условия.

Предвижданите климатични промени вероятно ще доведат до засилване на съществуващите или поява на нови болести по растенията (Gregory и съавт., 2009; Madgwick и съавт., 2011). Много реколти от зърнени култури, ядки, плодове, могат да бъдат колонизирани и инфектирани от микроскопични гъби от родовете *Aspergillus, Fusarium* и *Penicillium*, които да контаминират ядимите части с токсични вторични метаболити – микотоксини. Независимо от усилията да се контролира този процес, токсигенните гъби са разпространени повсеместно в природата. Микотоксините се продуцират от най-различни гъбни видове, които колонизират голям брой култури и плодове, особено в етапите на култивиране и съхранение. Те са химически стабилни и в голяма степен устойчиви на повечето процеси на обработка на храните и фуражите, което води до контаминиране на крайните продукти. Приема на контаминирани с микотоксини храни и фуражи предизвиква вредни ефекти върху здравето на хората и животните. Групата на токсичните трихотецени, която включва дезоксиниваленол (DON), ниваленол, Т-2 токсин, НТ-2 токсин, а също така други фузариум токсини като зеараленон и фумонизините, са най-разпространените в света микотоксини по зърнените култури и особено в пшеницата, ечемика, овеса, ориза и царевицата. Тези токсини се продуцират от гъбите от род *Fusarium*, които се срещат в умерения климат на Европа, Америка и Азия.

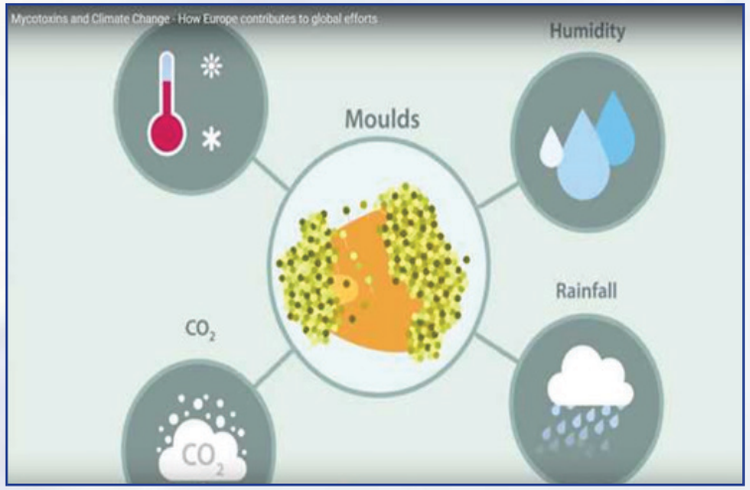
Други микотоксини по зърнените култури включват афлатоксините и охратоксин А. И двата микотоксина се образуват от някои видове от род *Aspergillus*. В Европа афлатоксините се продуцират основно от *Aspergillus flavus*, като афлатоксин В1 е един от най-силните канцерогени. Тези токсини се срещат често в зърнените култури и в продуктите на зърнена основа от средиземноморските страни, поради субтропическия климат, благоприятен за растежа на *Aspergillus flavus*. Охратоксин А се образува в страните на Северна Европа от гъбичката *Penicillium verrucosum*.

Всички микотоксини, които се продуцират от тези гъби, проявяват значителни вредни ефекти върху здравето на хората и животните, когато се приемат с храната. Сред най-опасните въздействия са генотоксичност, канцерогенност и имунотоксичност.

Различните гъбни видове имат собствени оптимуми на температура и влага за колонизиране на зърнените култури, което определя тяхното разпространение в регионите и през годините (Magan и съавт., 2011). Например *Fusarium graminearum* доминира в региони с топъл и влажен климат, докато *Fusarium culmorum* се среща по-често в студени, влажни области (Bottalico и Perrone, 2002). Следователно климатичните промени неминуемо ще повлияят върху разпространението на гъбите и техните вторични метаболити – микотоксините.

Двата най-важни фактора, които оказват влияние върху жизнения цикъл на всички микроорганизми, включително и на микотоксигенните гъби, са температурата и наличието на вода. Тези фактори влияят върху покълването, растежа, образуването на спори и продукцията на микотоксини. Друг важен фактор е CO_2 (фигура 21).

Фигура 21. *Фактори, влияещи върху образуването на микотоксини*



Източник: https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/videos/mycotoxins-and-climate-change-how-europe-contributes-to-global-efforts-295722

5.1. Влияние на температурата

С глобалното затопляне на планетата, гъбите, които изискват по-високи температури за растеж и образуване на микотоксини, ще преобладават в региони, които в момента имат по-студен климат, или ще превалират по-слабо в региони, където температурата става твърде висока за тяхното развитие. Температурата е по-предсказуема относно влиянието върху микотоксините, в сравнение с ефектите на влажността (Paterson и Lima, 2011). При по-високите температури в Северна Европа, придружени с обилни валежи и наводнения, водещи до увеличаване на реколтите, ще се наблюдава и нарастване на общата маса от микотоксини, поради по-големите реколти. Като цяло, качеството на реколтите може би ще се влоши. Например количествата на афлатоксините ще се увеличат поради покачване на температурите, оптимални за растежа на гъбите-продуценти. Също така в днешните по-студени региони на Европа условията за съхранение на реколтите ще станат по-неблагоприятни в резултат на по-високите температури, водещи до по-обилен растеж на гъби.

По-слаби реколти ще се наблюдават в някои региони, които днес имат топъл климат и оттук общата маса на микотоксините ще бъде по-ниска (Paterson и Lima, 2011). Но е възможен вариант, при който реколтите да са с по-ниско качество в резултат на стресови ефекти от климатичните промени и следователно да съдържат повече микотоксини. В същото време новите горещи и сухи условия в някои региони ще доведат до по-подходящи условия на съхранение, което пък е предимство на климатичните промени. Някои региони могат да станат подходящи за отглеждане на нови култури, а други – неподходящи за вече съществуващите. Повече насекоми ще има при по-високите температури, чрез които микотоксигенните гъби се разпространяват (Tirado и съавт., 2010). По-големият брой насекоми вероятно ще увеличи броя на птиците, хранещи се с насекоми, които пък ще увеличат увреждания по културите. Следователно екологичните последствия от климатичните промени са наистина много комплексни.

Фузариозата по пшеницата в различните географски региони зависи от следните основни фактори: относителна влажност, култивиране, температура, водна активност на зърната, валежи, ротация на културите и използването на фунгициди. Дългите топли и влажни периоди ускоряват инфектирането на зърнените култури с гъбички от род *Fusarium*. По-топлият климат на Южна Европа благоприятствува разпространението на гъбичката *Fusarium graminearum*, главен продуцент на силно токсичния микотоксин дезоксиниваленол (DON). Този микотоксин е най-разпространеният по пшеницата в Европа (Bottalico и Perrone, 2002). Пшеница, поразена от тази гъбичка, е с лошо качество и непригодна за консумация от хората и животните. Поради климатичните промени се очаква фузариозата по пшеницата в Англия през 2050 г. да нарасне значително (Madgwick и съавт., 2011). Това ще се дължи на намаляване на пролетните валежи и увеличаване на летните и зимни температури през следващите 50 години (Miraglia и съавт., 2009). Въздействията на климатичните промени в Англия през 21 век могат да се обобщят като по-меки и по-влажни зими, по-горещи и по-сухи лета и повече екстремални инциденти на времето. Възможно е и поява на други култури, различни от тези, които понастоящем се отглеждат в Англия и заедно с това поява на нови микотоксини. При пшеницата в Англия преобладаващите видове микроскопични гъбички са: *Aspergillus fumigatus, Aspergillus nidulans, Penicillium brevicompactum, Penicillium hordei* и *Penicillium roqueforti*, като нито един от тези видове не е силен продуцент на микотоксини. При покачване на температурата до 30°C вследствие на глобалното затопляне само *A. flavus* ще доминира над другите видове и афлатоксините стават проблем за регионите с умерен климат (Magan et al., 2003).

В прогностично проучване на H. van der Fels-Klerx и съавт. (2012) за влиянието на климатичните промени до 2040 г. се предвижда увеличение продукцията на DON в пшеницата в страните от Северозападна Европа, като увеличението е по-голямо в пролетната пшеница в сравнение със зимната. Авторите прогнозират до 2 пъти (в някои случаи до 4 пъти) нарастване на продукцията на DON. При температури над 32°C или под 10°C обаче, продукцията на DON намалява и дори спира (Paterson и Lima, 2011). При царевицата меките температури и валежи в Централна Европа са благоприятни за растежа на гъбичката *F. graminearum* и за образуването на DON.

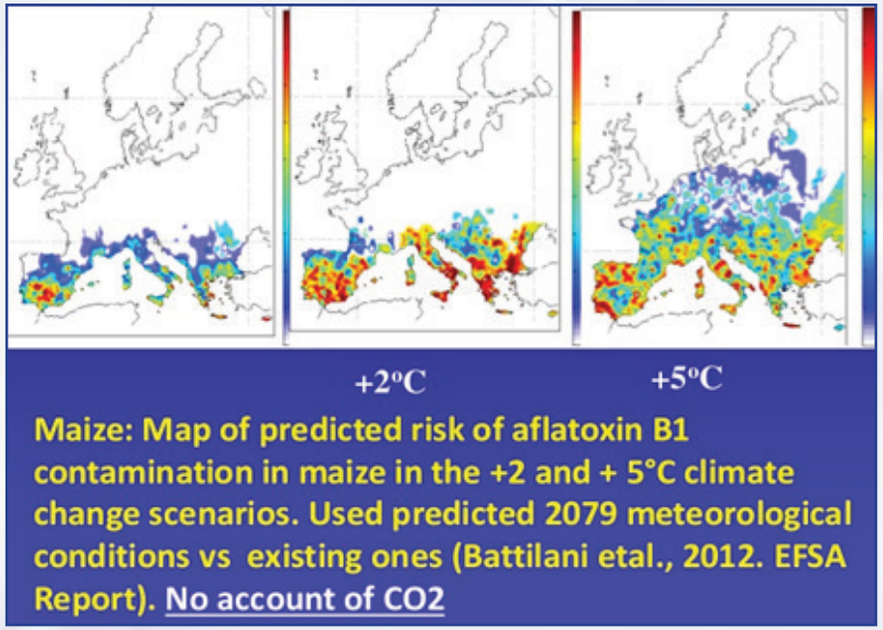
Промените в климата могат да доведат до остри афлатоксикози и смърт при хората дори в днешно време (Lewis и съавт., 2005). Температури над 25°C и засушаването са особено опасни, тъй

като е възможно по-широко разпространение на афлатоксините при днешните температурни условия в Западна Европа (Miraglia и съавт., 2009). Гъбната инфекция се случва при суша и високи температури и гъбите от род *Aspergillus*, продуценти на афлатоксини, са характерни за тропическите топли, сухи и полусухи региони. Промените в климата водят до големи изменения в количеството на афлатоксин-продуциращите гъби. В топлите и сухи региони голяма част от органичната материя на почвата се колонизира от тези гъби и този процес може да се наблюдава и в други региони с покачване на температурата и засушаването на въздуха.

През 2003-2004 г. в Северна Италия, където царевицата е ключова храна за млечния добитък, се наблюдава много сухо и горещо време. Този регион е важен производител на сирена. *Fusarium verticillioides* и фумонизините се срещат често в такава царевица (Giorni и съавт., 2007). Този вид от род *Fusarium*, както и други представители на рода от секция Liseola, имат оптимална температура на растеж 25-30°C и при този оптимум се отбелязва и по-висока продукция на фумонизини. Но поради голямото засушаване през 2003-2004 г. *Aspergillus flavus* става значим проблем. Тази гъбичка има широк обхват на температурен толеранс (19–35°C), с оптимум за растеж от 28°C и за афлатоксинообразуване - 28-30°C (Sanchis и Magan, 2004). Поради факта, че е и по-ксеротолерантна плесен, тя успя да измести *Fusarium verticillioides* и другите гъби от род Fusarium, което доведе до високи стойности на афлатоксин B_1 в царевицата и оттам чрез фуражната верига в млякото на добитъка са открити високи нива на афлатоксин M_1. През тези две горещи и сухи години са отчетени и значителни икономически загуби поради поразените с афлатоксини реколти. Това явление не е типично за Европа, включително и за южните региони (Paterson and Lima, 2011). Но подобни ситуации са наблюдавани и през следващи години в други страни на Европа. Вследствие на продължителното горещо и сухо време през 2012 г. 69% от пробите царевица в Сърбия са съдържали афлатоксини (Kos и съавт., 2013). Подобна ситуация е наблюдавана и в Унгария, където също е отбелязано повишение на разпространението на афлатоксини в сравнение с други години и това явление се свързва с климатичните промени (Dobolyi и съавт., 2013). Температури под 20°C се разглеждат като безопасни по отношение на контаминирането с афлатоксини.

Съществуващият температурен оптимум за растеж на гъбичките *Aspergillus flavus* и *Fusarium graminearum* е съответно 35°C и 21°C, като повечето от останалите микотоксигенни гъби попадат в този диапазон. На тази основа при промяна на климата едни гъби ще доминират над други. Например *Aspergillus flavus* ще надделее над другите гъби с по-нисък температурен оптимум, когато температурата се покачи. Тази гъбичка се изолира по-често, в сравнение с *Aspergillus ochraceus*,от бразилски орехи и пипер и е малко вероятно *Aspergillus ochraceus* да доминира над *Aspergillus flavus* в следващите 100 години, което прави афлатоксините сериозен проблем за бъдещето (Paterson и Lima, 2011) (фигура 22). Вижда се, че повишение на температурите с +5°C ще доведе през 2079 г. до масово контаминиране на царевицата с афлатоксин B1 в почти цяла Европа.

Фигура 22. *Царевица: карти, които показват прогнозирания риск от афлатоксин B1 в Европа при +2°C и при 5°C*



Източник: https://www.slideshare.net/francoisstepman/mycotoxins-food-security-and-climate-change

В Северна Португалия гъбичката *Aspergillus carbonarius* е доминираща при гроздето (Serra и съавт., 2006), докато *Aspergillus flavus* присъства по-слабо. През следващите 100 години A*spergillus flavus* може да надделее над *Aspergillus carbonarius* и по този начин афлатоксините да се превърнат в по-голям риск, отколкото охратоксин А. В същото време климатичните условия могат да станат твърде горещи за гъбичката *Penicillium expansum* и следователно да намалят риска от патулин.

В Северна Европа по-високите температури могат да доведат до по-високи добиви и по-високи концентрации на афлатоксини в сравнение с дезоксиниваленол. Възможно е също така *Aspergillus ochraceus* да измести представителите от род Fusarium и охратоксин А да стане заплаха за реколтите. Охратоксин А се среща често във виното в резултат на инвазия на *Aspergillus ochraceus* по гроздето. Високи температури, достигащи 30°C и увеличена влажност благоприятстват този процес. Температури под 21°C потискат инвазията и образуването на охратоксин А, като ролята на влажността в този случай е по-неясна. Има прогнози за изместване на винопроизводството към северните региони на Европа поради климатичните промени (Paterson и Lima, 2010). Леко увеличение на температурите ще доведе гроздето до интервали, критични за винопроизводството във Франция и Испания.

5.2. Влияние на валежите

По отношение на микотоксините влажността показва по-противоречиви резултати, отколкото температурите. В доклада на Solomon и съавт. (2007) се прогнозират обилни валежи като „много вероятни" в някои региони и засушавания като „вероятни" за други региони. Ефектите на влажността върху микотоксините в реколтите ще бъдат по-непредсказуеми в сравнение с температурата, където ефектите са по-дефинирани (Paterson и Lima, 2011). Много вероятно е, че годишните валежи в Средиземно-морската част на Европа значително ще намалеят и ще се увеличат в северните региони. Екстремни дневни валежи се прогнозират за Северна Европа. Това би предизвикало нарастващ стрес при културите и в резултат по-ниски добиви. Увредени култури (фигура 23), почвена ерозия и невъзможност за обработване на земята, вследствие на обилните валежи, се прогнозира в доклада на Solomon и съавт. (2007), което ще доведе до засилена гъбна инвазия и нарастване на микотоксино-образуването. Ерозията на почвата позволява изтичане на нутриенти от растенията и намаляване на тяхната устойчивост към гъбната инфекция, в резултат повече микотоксини. Обратно, условията на съхранение могат да се подобрят при засушаване на климата и следователно образуване на по-малко микотоксини по време на съхранение на културите.

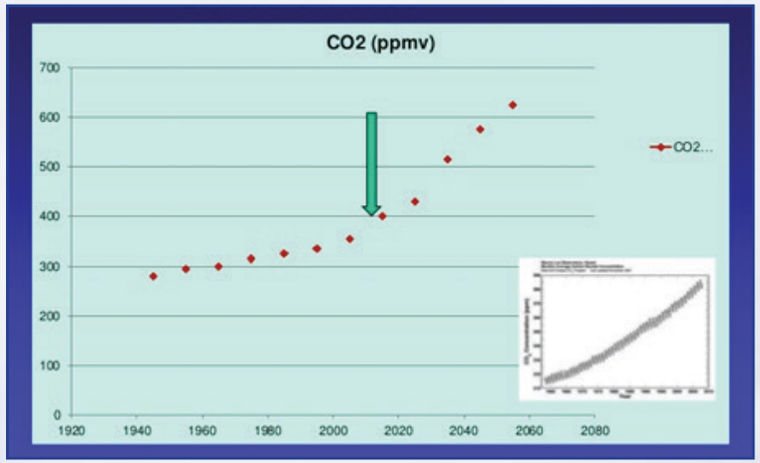
Фигура 23. *Увредена царевица в резултат на суша. Повече микотоксини преди прибиране на реколтата, по-малко микотоксини след прибиране на реколтата*

Източник: http://www.dekalb.ca/corn/275-abnormal-corn-ears-guide

5.3. Влияние на CO_2

Изследвания показват, че гъбите могат да издържат на доста високи концентрации на CO_2 (Magan и Aldred, 2007). Леко покачване на концентрациите на CO_2 във взаимодействие с температурата и наличната влажност може да стимулира растежа на някои микотоксигенни видове, особено при воден стрес (Magan и съавт., 2011). Според доклада на Solomon и съавт. (2007) в следващите 100 години под влияние на климатичните промени се прогнозира увеличаване концентрацията на CO_2 от 0.03% до 0.08% в атмосферата (почти 3 пъти), което вероятно няма да бъде проблем за микотоксигенните гъби (фигура 24). За съжаление има недостиг на информация за влиянието на такива високи концентрации върху гъбите и образуването на микотоксини. Но се предполага, че увеличаване концентрациите на CO_2 води до нарастване на метаболизма в културите и следователно до по-високи добиви.

Фигура 24. *Прогноза за съдържанието на CO_2 в атмосферата*

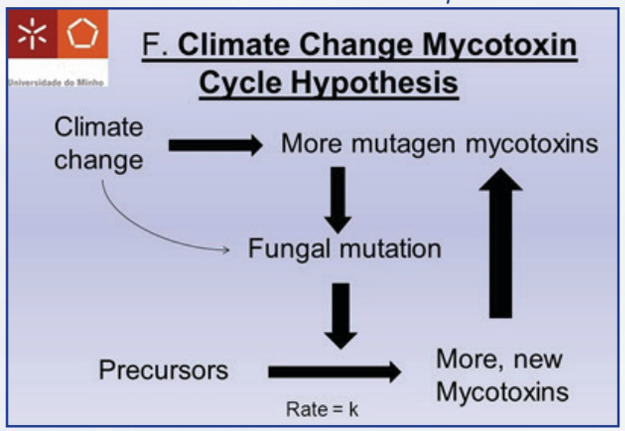


Източник: https://www.slideshare.net/francoisstepman/mycotoxins-food-security-and-climate-change

5.4. Микотоксигенен цикъл под влияние на климатичните промени

Съществува нова концепция, която разглежда въпроса как климатичните промени могат да активират еволюционна промяна при микотоксигенните гъби (фигура 25).

Фигура 25. *Микотоксигенен цикъл под влияние на климатичните промени*



Източник: https://slideplayer.com/slide/7254493/

Paterson и Lima (2009) дискутират възможността на мутагените, образувани при култивиране на гъби, да предизвикат промени в структурата на ДНК (напр. мутации), които от своя страна повлияват филогенетични схеми. Много микотоксини са мутагени и са добре известни като източник на мутации в околната среда. Климатичните промени могат да увеличат количествата и разнообразието на мутагенните микотоксини в растенията. Това от своя страна ще доведе до мутирани гъби, които ще променят скоростта на микотоксинообразуването до нови граници и до различни микотоксини. Някои от тях ще бъдат мутагенни, което отново ще създаде мутагенен натиск върху съществуващите гъби в един повтарящ се цикъл. Увеличението на UV радиацията под влияние на климатичните промени също води до нарастване на мутациите.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С промените в климата се очаква да нарасне количеството на микотоксините в селскостопанските култури и в други хранителни продукти. Ще се увеличи разпространението на „високотемпературните гъбички и микотоксини" като A. flavus и афлатоксините. Субтропическите региони ще станат тропически, със съответните промени в профила на микотоксините. През следващите години в резултат на глобалното затопляне микроскопичните гъбички с по-висок температурен оптимум за растеж и микотоксинообразуване (гъбичките от род Aspergillus,) ще доминират в региони, които понастоящем имат по-хладен климат, или ще бъдат по-слабо представени в региони с горещ климат, тъй като температурите стават твърде високи и надвишават техния температурен оптимум. От друга страна, новите горещи и сухи условия в някои региони ще доведат до по-добри условия на съхранение, тъй като ще поддържат реколтите сухи и с това ще ги предпазват от гъбния растеж и образуването на микотоксини.

Научните изследвания трябва да се насочат в следните направления: хармонизиране на процедурите за мониторинг на микотоксините, оценка на данните за географското разпространение

на микотоксините, разработване на модели и оценка на влиянието на факторите от околната среда върху тези съединения.

Създаването на модели, които да прогнозират влиянието на климатичните промени върху замърсяването на реколтите с микотоксини, може да се използва от бизнес мениджърите и компетентните органи по безопасност на храните. Провеждането на годишни мониторингови програми в региони, в които се очаква високо контаминиране на реколтата с микотоксини, трябва да включва по-продължителни периоди и да е базирано на добре планирани стратегии за вземане на проби и ясни аналитични методи. Това предполага насочване на средства и ресурси към тези региони с по-висок риск. Прогнозните модели могат да се използват от фермерите за взимане на правилни решения, като изборът на култура или използването на фунгициди. Резултатите от тези модели могат да подпомогнат риск мениджърите в публичния и частния сектор при планирането на приоритети в селското стопанство и изследователските нужди.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Battilani P, Barbano C and Piva G, 2008. Aflatoxin B1 contamination in maize related to the aridity index in North Italy. World Mycotoxin Journal, 1, 449-456.*
2. *Bottalico A, Perrone G. 2002. Toxigenic Fusarium species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. Eur J Plant Pathol. 108:611–624.*
3. *Canady RA, Coker RD, Egan SK, Krska R, Olsen M, Resnik S u Schlatter J. 2001. T-2 and HT-2 toxins in WHO/IPCS Safety evaluation of certain mycotoxins in food. WHO Food Additives Ser. 47, 557–680. Available at http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47je06.htm*
4. *Charmley LL, Trenholm HL, Prelusky DA and Rosenberg A, 1995. Economy losses and decontamination. Natural Toxins, 3, 99-203.*
5. *Dobolyi, C.S., Sebok, F., Varga, J., Kocsube, S., Szigeti, G., Baranyi, N. 2013. Occurrence of aflatoxin producing Aspergillus flavus isolates in maize kernels in Hungary. Acta Alimentria 42, 451–459.*
6. *Duarte, S.; Lino, C.; Pena, A. 2012. Food safety implications of ochratoxin A in animal-derived food products. Vet. J., 192, 286–292.*
7. *European Commission, 2002. Assessment of Dietary Intake of Ochratoxin A by the Population of EU Member States; Report of the Scientific Cooperation, Task 3.2.7; Directorate-General Health and Consumer Protection, European Commission: Rome, Italy.*
8. *European Commission, 2007. Adapting to Climate Change in Europe – Options for EU Action. Green Paper from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.*
9. *Giorni, P., Magan, N., Pietri, A., Bertuzzi, T. and Battilani, P. 2007. Studies on Aspergillus Section Flavi isolated in northern Italy from maize. Int. J. Food Microbiol. 113, 330–338.*
10. *Gregory PJ, Johnson SN, Newton AC, Ingram JS. 2009. Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate. J Exp Bot. 60:2827–2838.*
11. *Hsieh, D. P. H. 1990. Health risks posed by mycotoxins in foods. Korean Journal of Toxicology, 6, 159–166.*
12. *IARC (International Agency for Research on Cancer), 1993. Monographs on the evaluation of Carcinogenic risks to Humans. Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. Editor. World Health Organization Lyon, France, 599 pp.*

13. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

14. Jemal A, Bray F, Center MM, Ferlay J, Ward E, Forman D. 2011. Global cancer statistics. CA Cancer J Clin, 61, 69-90.

15. Kelly JD, Eaton DL, Guengerich FP and Coulombe RJ, 1997. Aflatoxin B1 activation in human lung. Toxicology and Applied Pharmacology, 144, 88-95.

16. Kleter GA, Prandini A, Filippi L and Marvin HJP, 2009. Identification of potentially emerging food safety issues by analysis of reports published by the European Community's Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) during a four-year period. Food and Chemical Toxicology, 47, 932-950.

17. Klich MA, 2007. Environmental and developmental factors influencing aflatoxin production by Aspergillus flavus and Aspergillus parasiticus. Mycoscience, 48, 71-80.

18. Kos, J., Mstilovic, J., Hajnal, E.J., and Saric, B. 2013. Natural occurrence of aflatoxins in maize harvested in Serbia during 2009-2012. Food Control 34, 31–34.

19. Lewis, L., Onsongo, M., Njapau, H., Schurz-Rogers, H., Luber, G., Kieszak, S., et al. 2005. Aflatoxin contamination of commercial maize products during an outbreak of acute aflatoxicosis in eastern and central Kenya. Environmental Health Perspectives, 113(12), 1763–1767.

20. Madgwick JW, West JS, White RP, Semenov MA, Townsend JA, Turner JA, Fitt BDL. 2011. Impacts of climate change on wheat anthesis and Fusarium ear blight in the UK. Eur J Plant Pathol. 130:117–131.

21. Magan, N., Hope, R., Cairns, V., & Aldred, D. 2003. Post-harvest fungal ecology: Impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain. European Journal of Plant Pathology, 109(7), 723–730.

22. Magan N, Aldred D, 2007. Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. International Journal of Food Microbiology 119, 131–9.

23. Magan, N., Medina, A., & Aldred, D. 2011. Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. Plant Pathology, 60(1), 150–163.

24. Miraglia, M., Marvin, H. J. P., Kleter, G. A., Battilani, P., Brera, C., Coni, E., et al. 2009. Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. Food and Chemical Toxicology, 47(5), 1009–1021.

25. O'Brien, E., Dietrich, D. 2005. Ochratoxin A: the continuing enigma. Critical Reviews in Toxicology, 35, 33–60.

26. Oruc HH, Cengz M and Uzunoglu I, 2007. Occurrence of aflatoxin B1 and T-2 toxin in feed and raw ingredients used for animal feeding stuffs. Veteriner Fakultesi Dergisi, Uludag Universitesi, 26, 1-5.

27. Paterson, R. R.M., & Lima, N. 2009. Mutagens manufactured in fungal culture may affect DNA/RNA of producing fungi. Journal of Applied Microbiology, 106(4), 1070–1080.

28. Paterson, R. R. M., & Lima, N. 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? Food Research International, 43(7), 1902–1914.

29. Paterson, R. R. M., & Lima, N. 2011. Further mycotoxin effects from climate change. Food Research International, 44, 2555-2566.

30. Piva G, Battilani P and Pietri A, 2006. Emerging issues in southern Europe: Aflatoxins in Italy. In: The mycotoxin factbook. Food & feed topics. D Barug, D Bhatnagar, HPv Egmond, JWvd Kamp, WAv Osenbruggen, A Visconti. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 139-153.

31. Sanchis V and Magan N, 2004. Environmental conditions affecting mycotoxins. In: Mycotoxins in food. N Magan, M Olsen. CRC Press, Boca Raton, Boston, new York, Washington DC, 174-189.

32. Schmidt-Heydt, M., Rüfer, C. E., Abdel-Hadi, A., Magan, N.,and Geisen, R. 2010. The production of aflatoxin B1 or G1 by Aspergillus parasiticus at various combinations of temperature and water activity is related to the ratio of aflS to aflR expression. Mycotoxin Res. 26, 241–246.

33. Serra, R., Mendonca, C., & Venancio, A. 2006. Ochratoxin A occurrence and formation in Portuguese wine grapes at various stages of maturation. International Journal of Food Microbiology, 111, S35–S39.

34. Solomon, S. et al., 2007, Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

35. Tabuc C, Marin D, Guerre P, Sesan T and Bailly JD, 2009. Molds and mycotoxin content of cereals in southeastern Romania. Journal of Food Protection, 72, 662-665.

36. Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A., & Frank, J. M. 2010. Climate change and food safety: A review. Food Research International, 43(7), 1745– 1765.

37. USDA (United States Department of Agriculture), 2006. Grain fungal diseases and Mycotoxin reference. Editor. United States Department of Agriculture, 36 pp.

38. van der Fels-Klerxa HJ, J.E. Olesenb, M.S. Madsenc and P.W. Goedhar. 2012. Climate change increases deoxynivalenol contamination of wheat in north-western Europe, Food Additives & Contaminants: Part A, Vol. 29, No. 10, 1593–1604.

39. Varga, J., Koncz, Z., Kocsubé, S., Mátrai, T., Téren, J., Ostry, V., et al. 2007. Mycobiota of grapes collected in Hungarian and Czech vineyards in 2004. Acta Alimentaria, 36(3), 329–341.

40. Visconti, A.; Bottalico, A. 1983. High levels of ochratoxins A and B in moldy bread responsible for mycotoxicosis in farm animals. J. Agric. Food Chem., 31, 1122–1123.

СЪДЪРЖАНИЕ

1. Въведение 3

2. Климатичните промени в Европа 8

3. Прогнозиране на измененията на климата в Европа 12

4. Микроскопични гъби, продуценти на микотоксини 15

4.1. Плесени от род Fusarium и техните микотоксини 17

4.1.1. Токсични трихотецени 18

4.1.2. Фумонизини 21

4.2. Плесени от род Aspergillus и афлатоксините 23

4.2.1. Гъби-продуценти на афлатоксини 22

4.2.2. Токсичност на афлатоксините 24

4.2.3. Разпространение на афлатоксините в Европа 25

4.2.4. Афлатоксино-образуване и факторите на околната среда 26

4.3. Плесени от род Aspergillus и род Penicillium и охратоксините 27

4.3.1. Гъби-продуценти на охратоксини 27

4.3.2. Токсичност на охратоксините 29

4.3.3. Разпространение на охратоксините в Европа 31

5. Климатичните промени и микотоксините 32

5.1. Влияние на температурата 34

5.2. Влияние на валежите 38

5.3. Влияние на CO_2 39

5.4. Микотоксигенен цикъл под влияние на климатичните промени 40

Заключение 41

Библиография 43

Автор: Доц. д-р Тери Врабчева, дм

Редактор: Татяна Каранешева, дм

Граф. дизайн и предпечат: Боряна Мекушина

Печат: МИГ ПРИНТ - ЕООД

Адрес за контакти:
Национален център по обществено здраве и анализи
Бул. „Акад. Иван Гешов“ №15, София – 1431
Доц. д-р Тери Врабчева, дм
Тел.: +359 2 80 56 391
e-mail: t.vrabcheva@ncpha.government.bg

Издание на НЦОЗА
София, 2019

ISBN 978-954-8404-46-4