



ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ ВЪРХУ УПОТРЕБАТА НА ПЕСТИЦИДИ

В продължение на десетки години пестицидите са били широко използвани за предпазване на растенията от вредители, за да облекчават тяхното разрушително влияние или да унищожават болестите и неприятелите, като същевременно подобряват добивите и качеството на културите. Независимо от потенциалната токсичност за полезните организми и дори за човешкото здраве, тяхната употреба е необходима, за да се осигури достатъчно количество и достатъчно добро качество на земеделската продукция.

Ефикасността на пестицидите и тяхната употреба може да бъде повлияна по редица начини и не на последно място, от условията на околната среда. Поради това е основателно да се очаква глобалните промени в климата на планетата, също да оказват влияние върху тяхната употреба. Под климатични промени се разбират промени в статистическите параметри на климатичните системи (валежи, температура, засушаване, светлина и др.) когато се разглеждат за дълъг период от време. Тези параметри са ключови елементи за екосистемите, защото те контролират растежа и развитието на организмите. Проучванията върху ефекта на климатичните промени не е ограничен само върху пестицидите, поради което той не е проучен в детайли. Но със сигурност промените в климата ще повлияят върху поведението на пестицидите в околната среда, а също и върху тяхната употреба. По-малко пестицидни остатъци в културите, дължащо се на климатичните промени, ще даде резултат в повишена чувствителност към болести и неприятели, което ще доведе до необходимост от по-чести третирания през вегетационния период. Като се има пред вид многовариантната природа на климатичните промени и нелинейните зависимости в природните процеси, е трудно да се намерят всички връзки между климатичните промени и употребата на пестициди.

Фактори, повлияващи употребата на пестициди

Съществуват няколко фактора, които директно повлияват употребата на пестициди от земеделците. Сред тях, законодателството, икономическата ситуация и технологическият прогрес не са директно повлияни от климата, докато ефикасността на пестицидите, характеристиките на културите и разпространението на вредителите са в

пряка зависимост от климата. Налице е взаимодействие между тези ключови аспекти и употребата на пестициди.

1. Законодателство, икономическа ситуация и технологии. Употребата на пестициди е силно контролирана посредством редица регламенти, включени в законодателството, които дефинират комбинациите между активните вещества и културите, при които са разрешени. Регулирано е и количеството на остатъците от пестициди след прибирането на културите, чрез определяне на максимални нива на остатъци (MRLs). Икономическите фактори също са от голямо значение по отношение на опциите за контрол на вредителите. Преди всичко, това са крупните компании, произвеждащи продукти за растителна защита и тяхното решение за продажба на определени продукти в дадена страна. Техните заявления за разрешаване на употреба се разглеждат в стараната и се издават (или не) съответните разрешения. Следователно на национално ниво, законодателството е важен повлияващ фактор за употребата на пестициди, тъй като ясно определя спектъра на продуктите, които фермерите имат на свое разположение. Технологичният прогрес също силно повлиява приложението на ПРЗ и остатъците в продукцията. Поради своето подобряване и прецизност, модерните системи за третиране с пестициди позволяват намаляване на количествата, прилагани при културите и съответните остатъци от тях.

2. Употреба на пестициди и комбинации на култури. Прилепването и навлизането на пестицидите в растенията е повлияно от растежа на растенията и свойствата на почвата – и двете силно изложени на климатичните промени. Всички растителни видове имат специфични изисквания към климата за техния растеж, оцеляване и репродукция, които ограничават тяхното географско разпространение (напр. необходимостта от йерувизация¹), плодородие и взаимодействие с други видове. Като цяло, повечето хранителни култури са чувствителни към директния ефект на високите температури, индиректния ефект на климата върху почвените процеси, хранителната динамика и вредителите.

- *Температура и наличие на CO₂.* Повишените температури и увеличената концентрация на CO₂, свързани със съществени промени в активността на фотосинтезата, стимулират растежа на културите. Високата скорост на нарастване може да причини разреждане на абсорбираните концентрации от пестициди в растенията, намалявайки по този начин остатъците. Корените са в състояние да достигат дълбоки почвени слоеве, което предотвратява приема на пестициди, който се случва в горните

¹ Йерувизация е подпомагане растежа на семена или кълнове, под непродължителното въздействие на ниски температури – напр. силно необходима за есенниците

слоеве. Кореновото приемане се усилва, когато високата температура причинява намаляване на почвената органична материя и увеличено изпарение. Топлите и сухи условия могат да увеличат устойчивостта на растенията към гъбни заболявания, което да доведе до намалена употреба на фунгициди. И обратно, физиологичният стрес, особено в чувствителните фази на развитие на културите, увеличава възприемчивостта им като гостоприемници и необходимостта от третиране с пестициди. Удължаването на активния вегетационен период потенциално позволява усилване на земеделието, въвеждане на нови култури и разширяване на земеделските територии на север. Възможността за отглеждане на нови или повече култури може да доведе до увеличаване използването на пестициди и тяхното въвеждане в екосистемите. В противовес, увеличаването на температурното разнообразие може да повлияе негативно върху отглеждането на култури, поради дневните и сезонни колебания в температурите, които превишават оптималните градуси за дадена култура. В заключение, повишаването на температурите ще засегне продуктивността на растенията, водещо до потенциалното увеличаване на обема и честотата на третиране, както и поради необходимостта от промяна в периода на засяване на някои култури.

- *Валежи.* Валежите са друг основен определящ фактор за продуктивността на културите, който повишава разнообразието в добивите, качеството и наличието на вредители по тях както в негативен, така и в положителен аспект. Обилните валежи по време на растежа биха довели до увеличаване на добива, докато в ранните фази на развитие, валежите могат да унищожат младите растения и да засегнат продуктивността на културите. Приемът на пестициди и придвижването им в растенията са зависими от валежите и ще бъдат ограничени в условията на намалена транспирация² при сухи условия.

- *Взаимодействието култура – вредител.* Вариациите в климата повлияват физиологията и фенологията на растенията гостоприемници, тяхната устойчивост и растеж, което е възможно да наруши синхрона между гостоприемника и паразитите. Но за разлика от тях, най-тежките и най-малко предсказуемите огнища на вредители може да възникнат при променените географски обхвати и популации. В крайна сметка, поради интензифицирането на земеделието, намаляване на сеитбообращението на културите, увеличените площи на многогодишни култури, въвеждането на нови видове

² Транспирацията е физичен процес на изпаряване на вода от растенията, в най-голяма степен от листата, които са основен транспирационен орган, но също така от стъблата, цветовете и плодовете. Транспирацията е страничен ефект от приема на въглероден диоксид за нуждите на фотосинтезата. Освен това спомага за кръговрата на веществата, при който растенията се освобождават от ненужни вещества.

или сортове, земеделският пейзаж се променя. Тези промени влияят на местоположението и наличието на растения гостоприемници за различни видове вредители и осигуряват възможност за наличие на вредители и през зимата.

- *Адаптационни мерки.* Симулационни модели показват, че земеделската продукция в развитите страни ще има полза от очакваните климатични промени, докато продукцията в по-слабо развитите се очаква да намалее. В отговор на климатичните промени и силно изразеното намаляване на площите за специфични култури, промени в датите на засаждане, съкратени срокове на узряване и на разширеното използване на по-добре адаптирани сортове са приемливи мерки за адаптация към променените условия. В допълнение, въвеждането на генетично модифицирани организми също може да бъде частично решение. Поради намалената толерантност към пестициди в условията на стрес, вероятно ще бъде необходимо използването на нови видове пестициди, както и промяна в прилагането на сега използваните класове пестициди.

3. Наличие на вредители (плевели, насекоми и болести). В условията на климатични промени, увеличението на температурите и промяната във валежите са основните определящи появата и разпространението на вредители. Други повлияващи фактори са росата, атмосферната концентрация на CO₂ и радиацията. Уврежданията по културите от вредители и болести са в резултат от комплексна екологична динамика, поради което е трудно да се предвидят всички последствия. Налице са индикации, че климатичните промени причиняват промени във фенологията и географското разпространение в широк аспект. Изследванията показват, че разпространението на вредители често съвпада с модификации в климатичните условия, така че промените са специфични за отделните видове и региони. Като цяло, много видове неприятели и патогени предпочитат топлите и влажни условия, от които влажността е главният фактор, влияещ върху взаимодействието между културите и вредителите.

- *Насекомни вредители.* Въпреки че насекомите имат добро развитие при всеки климат, проучванията докладват по-ранно развитие и активност при по-топли условия. Това е напълно вероятно, тъй като температурата засяга не само растенията гостоприемници, но също така подобрява презимуването, разпространението, миграцията и характеристиките на популацията, както и възпроизводството и темповете на растеж. Влажните условия допринасят за силно развитие на насекоми и растителни патогени или са причина за географски промени в разпространението на някои насекоми. Увеличената концентрация на CO₂ и вятърът допринасят за разпространението на вредителите и тяхното изобилие. Крайностите в климатичните условия дават възможност на едни видове да процъфтяват, докато продължителността

на живота на други е намалена. В обобщение, изменението на климата насърчава разпространението и изобилието на вредители, поради миграция и изместване на обхвата, увеличаване огнищата на вредителите и промяна в разпространението на векторите.

• *Болести.* Болестите по растенията са основно зависими от температурата, валежите, влажността, радиацията и росата. Болестите могат да бъдат повлияни от биологични процеси в гостоприемника, патогени или болестопредаващи организми. Влажните условия допринасят за поникването на спорите, разпространението и активността на зооспорите и пролиферацията на гъбите и бактериите. Очаква се ефектите на климатичното затопляне да се проявят в подобряване на презимуването на патогените, тяхното развитие и разпространение, като всичко това води до повишена сила на заболяванията и загуби на растения. В случаите на патогени, пренасяни от почвата, след мека зима се наблюдават по-чести коренови инфекции. Забелязват се и други климатични ефекти за патогените на презимуващи заболявания. Поради по-меките зими и по-малката снежна покривка, значението на тези патогени може да намалее. Заболяването с някои късни болести се очаква да се увеличи, в случай на по-топла пролет и лято и по-влажни условия на бъдещето. Очевидно е трудно да бъдат напълно проследени връзките между климата и болестните процеси, предвид високата степен на сложност в растително-патогенните системи и нелинейните зависимости между тях. Въпреки това, повишеното влияние на заболяването се очаква да допринесе за намаляването на популациите, особено за патогени, инфектиращи множество видове гостоприемници.

• *Плевели.* Поради чувствителността на взаимодействията между културите и плевелите, локалните екологични фактори са от полза или за реколтата, или за плевелите. Вероятно повишаването на температурата причинява дълбока промяна в плевелните съобщества и разширяване на географската ниша за много видове. Учените са установили, че увеличаването на концентрацията на CO₂ директно води до засилване на плевелната толерантност и тяхната устойчивост към хербициди, поради обогатяващия ефект на въглеродния диоксид и подобрената ефикасност на усвояване на водата, в сравнение със земеделските култури. Също така, увеличената дебелина на листата води до намаляване абсорбцията на хербициди и на тяхната ефикасност.

• *Употребата на пестициди.* Предизвикателството към пестицидите, при настъпващите климатични промени ще се увеличи, поради увеличеното разпространение на вредители, болести и плевели, което влияе върху прилагането на пестицидите. В миналото, количествата на прилаганите хербициди са превишавали тези

на инсектицидите и фунгицидите, което вероятно ще се промени, поради увеличеното размножаване на насекомните вредители, които са облагодетелствани от климатичните промени. Независимо от това, устойчивостта на плевелите към хербицидите и намаляването на ефективността им може да повлияе върху баланса. Вероятно ще бъде необходимо компенсаторно увеличаване на употребата на химически пестициди, като цяло. Преди всичко, скъсяването на интервала между инфекция и симптоми би довело до необходимост от по-често третиране с пестициди, за да се предотврати заразата. Появата на генетично различни сортове и бързото развитие на резистентност към пестицидите в условията на затопляне, вероятно ще бъдат недостатъчно обхванати от настоящите стратегии за управление на вредителите. Ще бъде необходим подобрен биологичен контрол, като решение за управление на популациите, които са резистентни към пестициди. Ще бъдат необходими пестициди, които са биоразградими и нискорискови за околната среда. Възможно е да се наложи отново да бъдат разрешени пестициди, които в миналото са били забранени или ограничени.

4. Поведението на пестицидите (ПРЗ). Нивото на растителна защита се определя от нивото на остатъците от пестициди в това растение, което от своя страна се влияе от състава на продукта, концентрацията му, дозата и метода на приложение. Пестицидите могат да взаимодействат с повърхността на растенията, но също така са изложени на влияние от околната среда, като вятър, слънчева радиация и дъждовете. Придвижването на пестицидите и разграждането им са двата главни начина, които засягат наличността на пестицидите и тяхната ефикасност. В случаите на системни продукти, придвижването вътре в растенията е от основна важност за контрола на вредителите. Трансферът на пестицидите включва изпаряване, измиване чрез отточни излужващи процеси, докато разграждането им включва фотолиза, химическо и микробно разпадане. Екотоксичността на пестицидите ще определи също ефикасността на приложената доза и следователно, ще повлияе на тяхната употреба.

- *Трансферът на пестицидите и климатичните промени.*

- Изпарение; изпарението от почвата и растителността е една от главните причини за наличие на пестициди в атмосферата и се осъществява, когато течна или твърда субстанция преминава в газообразно състояние. В климатичен аспект, бързото изпарение се дължи основно на повишената температура, директното излагане на слънчева светлина и високото съдържание на влага в почвата. Влиянието на климатичните промени върху обменните процеси във въздуха, почвата и растителността не могат да бъдат характеризирани еднозначно. След изпарението, съединенията могат да бъдат диспергирани от райони с висока концентрация и да бъдат широко

разпространени в ниски концентрации, чрез вятъра и дъжда. Характеристиките на това явление са в зависимост от честотата и силата на валежите, като по-силно отлагане има през по-влажни години.

- Отток и дрифт³. Те са най-важните пътища за трансфер на пестицидите към други части на повърхностните води. Независимо от климатичните промени, земеделците могат да съблюдават прилагането на пестициди със силата на вятъра и да изберат най-подходящите условия, така че да се намали дрифта при пръскане. Управлението на оттока при изменение на климата е по-трудно. Наклонът на парцела, вида на почвата, текстурата и структурата, съчетани с растежа на културите, силно влияят на скоростта на оттока. Валежите са главният движещ фактор за оттока в земеделските стопанства и почвената ерозия. Оттока на замърсени с химикали води е в зависимост от валежите и по-интензивните валежи усилват разпространението на замърсителите. Влияние оказват и повишените температури върху дяловото разпределение на замърсителите във водите.

- Излужване. Това е движението на химикалите надолу през почвата, евентуално достигайки до подземните води. Трансферът на пестицидите в дълбочина към повърхностните водни басейни чрез излужването и дренажа е най-силно повлияно от взаимодействието между климата и комбинацията почва – пестицид. Количеството на валежите, тяхната честота и интензивност, повлияват прилагането на пестицидите. Температурите засягат почвената минералогия и геохимия и следователно са основният фактор за излужването. Температурите не само причиняват сезонен ефект върху транспорта на пестицидите чрез излужването, но също намаляват и влиянието на зимните валежи.

• *Разграждане на пестицидите.* Разсейването на пестицидите в околната среда е повлияно не само от техния трансфер, но също и от тяхното разграждане. Разграждането на пестицидите в почвата или атмосферата се осъществява посредством фототрансформация, химическо или микробиално разпадане, докато разграждането върху повърхността на растенията се осъществява чрез фотодеградация, изпарение, отмиване от дъждовете и разреждане при растежа на растенията. Признава се, че глобалното затопляне може да ускори разграждането на химически компоненти, поради ускорено ниво на микробиални и химически реакции и може да намали концентрациите на пестициди в околната среда. Изключения може да има при алкални почви и при някои отделни пестициди. Увеличеното съдържание на влага в почвата и усилените валежи

³ Дрифт е отклонението на струята на разтвора при пръскане

също увеличават разграждането на пестицидите, в зависимост от тяхната устойчивост. Освен това по-високата относителна влажност предизвиква по-бързо разграждане на пестицидите в околната среда, макар и при по-трудна първоначална деградация в този случай.

- Фототрансформация. Фотолиза (или фототрансформация) е процес, при който дадена молекула абсорбира енергия от слънчевата светлина, даващо резултат в химическо изменение на тази молекула. Поради кинетичните характеристики на тези реакции, може да се очаква ефект от повешението на температурите върху фототрансформацията. Но разграждането на някои активни вещества може да бъде температурно независимо, напр. при пестицида хлорпирифос.

- Микробиално и химическо разграждане. Наличието на почвени микроорганизми също играе важна роля за разсейването на пестицидите и тяхната трансформация. Биологичните и химичните реакции показват тенденция към нарастване при повишаване на температурите, което се отнася също и за микробиалната активност. Почвената влага също усилва микробиалната активност, но в по-малка степен, отколкото температурния ефект.

- *Поведение на пестицидите.* Климатичните промени могат да намалят концентрациите от пестициди, поради комбинацията от увеличено изпарение и усилено разграждане, и двете силно засегнати от високото съдържание на влага, повишени температури и директно излагане на слънчева светлина. Последните два елемента повлияват също промените в химическата структура на пестицидите. Като цяло, разсейването на пестицидите добре се повлиява от голямото количество валежи в комбинация с повишените температури, разграждането и сорбцията. Вътре в листата на растенията, равновесието на приемането и освобождаването на полуетливите пестициди се постига по-бързо при по-високи температури. Така, че честотата и интензивността на валежите повлиява устойчивостта на пестицидите и тяхната ефикасност. Температурата и светлината също засягат устойчивостта на пестицидите, посредством химически изменения. Този ефект на околната среда върху пестицидите се използва за контрол или превенция на появата на огнища от вредители. Като цяло, затоплянето на климата създава необходимост от увеличена употреба на пестициди. Въпреки, че времето на полуживот на някои продукти може да се увеличи, намаленият период на ефект от продуктите води до повече и по-чести третирания, необходими за достатъчна защита на културите.

- *Екотоксикология на пестицидите.* Екотоксичността може да бъде повлияна от редица процеси. Например, адсорбцията и невъзможността да бъдат извлечени

остатъците от пестициди, могат да дадат резултат в намаляване на бионаличността или токсичността на пестицидите, което би довело до повишена необходимост от влагане на повече пестициди. Като цяло, положителната корелация между повишените температури и екотоксичността се наблюдава за много активни вещества, с изключение на пиретроидите и ДДТ, за които се смята, че са по-силно токсични в условията на по-ниски температури. Екотоксичността на пестицидите е температурно зависима; доказана е увеличената остра токсичност на тези вещества при по-високи температури. Комбинираният ефект от експозиция с пестициди и температурен стрес доказано увеличава унищожаването на някои вредители. Индиректно, увеличаващите се температури могат да изменят способността на видовете да реагират на експозиция от пестициди или да променят усвояването на пестицидите и метаболизма си, като по този начин се предполага, че се увеличава биефективността на пестицидите.

- *Прилагане на пестицидите.* По време на прилагането на пестициди, голямо количество изпръскан разтвор попада върху почвата, в зависимост от размера на капките, гъстотата на културите и фазата на зрелост. В случаите на усилен валежи, силата на дъждовете е особено важна характеристика, която допълнително повлиява честотата на прилагане на пестицидите. Например, прогнозирането на по-висок дефицит на влага в почвата през есента може да ограничи полевата работа или да я премести към по-ранна дата, докато високата влажност на почвата във влажните зони също може да попречи на полевите операции. Това може да наложи на земеделските стопани да извършат есенното третиране с хербициди по-рано, което дава резултат в по-затруднен контрол на плевелите през зимата.

Заклучение

Представени са няколко елемента, които могат да повлияят върху употребата на пестициди. Компаниите, произвеждащи пестициди, ще се стремят да доставят оптимални продукти. Новите активни съставки на пестицидите трябва да бъдат във формулации, уместни за дъждовни условия, при земеделската употреба. За земеделците, сезона и честотата на прилагане на пестицидите, сезонните валежи и температурата са факторите, които силно ще повлияят на управленческите решения. Също така, климатичните промени засягат характеристиките на културите и техния вид, поради удължаване на активния вегетационен сезон. Трябва да се има пред вид, че климатичните изменения могат да променят устойчивостта на растенията както към вредители, така и към пестициди. Очаква се като цяло климатичните промени да бъдат от полза за продуктивността на културите, независимо от рисковете на регионално ниво. Местните климатични условия силно ще определят кои региони са подходящи за

отглеждането на определени култури. Ключов фактор за употребата на пестициди е наличието и силата на плевели, насекомни неприятели и болести по културите. Тези организми са засегнати от климатичните промени по подобен начин, както културите. Съществува и вероятност за генетична адаптация, въпреки, че първият отговор вероятно ще бъде фенологично изменение или географско преразпределение. Инвазията от вредители и болести са подпомогнати главно от температурния ефект. Ефективността на пестицидите, представена чрез първоначалното им отлагане, тяхното поведение и екотоксичност, са също важен фактор за тяхната употреба. В почвата, транспорта на пестицидите е ръководен главно от сезонността и интензивността на валежи от дъжд и от повишаването на температурите, както и от промените в използването на земеделските земи, което е едно индиректно влияние. Почвено – биологичната микробиална активност е засегната от съдържанието на влага и почвената температура. Въпреки някои редуциращи ефекти, повишаването на температурите като цяло ще даде резултат в увеличаване на обема на прилагане на пестициди, които трябва да бъдат прилагани по-често. Увеличената интензивност на употребата на пестициди се очаква да се прояви под формата на увеличени количества, дози, честота на третиране и различни видове на прилагани продукти. Променената употреба на пестициди в крайна сметка ще повлияе върху експозицията за консуматорите, които са в края на хранителната верига.

Източник:

Literature review: Impact of climate change on pesticide use, Ilse Delcour, Pieter Spanoghe, Mieke Uyttendaele

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996914006309>

Други информации в областта на пестицидите и тяхното влияние могат да бъдат намерени на интернет страницата на ЦОРХВ: <http://corhv.government.bg/>

Изготвил:

Д-р Ирена Богоева

нач. отдел ЗРХЗХ, дирекция ОРХВ

26.03.2020 год.