

Тема лекції: «Хімічні заходи контролю бур'янів»

План лекції

1. Поняття про гербіциди, історія винайдення, сучасний стан та перспективи застосування гербіцидів.
2. Класифікація гербіцидів.
3. Строки застосування гербіцидів.
4. Особливості застосування гербіцидів.
5. Охорона навколишнього середовища за застосування гербіцидів та їх детоксикація.

Рекомендована література

1. Косолап М. П., Іванюк М.Ф., Примак І. Д., Анісімова А. А., Бабенко А. І. Практикум з гербології. Навчальний посібник 3-ге видання, доповнене і перероблене. К.: НУБіП України, 2021 р. 876с.
2. Косолап М.П., Іванюк М.Ф., Примак І.Д., Анісімова А.А., Бабенко А.І. Атлас бур'янів. К.: НУБіП України, 2022 112 с.
3. Рудік О. Л., Лавренко С. О., Лавренко Н. М. Регулювання присутності бур'янів в сучасних агрофітоценозах. К. : Олді, 2020. 104 с.
4. Зуза В. С. Гербологія : монографія. Харків: Стиль-Вид, 2022. 468 с.
5. Іващенко О. О., Іващенко О. О. Загальна гербологія : монографія. НААН, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Інститут захисту рослин НААН. Київ : Фенікс, 2019. 752 с.
6. Бур'яни та боротьба з ними. Навчальний посібник з гербології. За ред. В.О. Єщенка. Вінниця: ФОП Рогальська О.І., 2019. С. 144–148.
7. Дідора В. Г., Ключевич М. М. Технічні культури : підручник. Вид. 2-е, доповнене. Житомир : Поліський нац. університет, 2024. 462 с.
8. Косолап М.П., Примак І.Д., Іванюк М.Ф., Анісімова А.А., Бабенко А.І. Практикум з гербології. Навчальнтий посібник. К.: 2018. 581с.
9. Косолап М.П., Примак І.Д., Іванюк М.Ф., Анісімова А.А., Бабенко А.І. Практикум з гербології. Навчальнтий посібник 2-ге видання, доповнене і перероблене. К.: 2019. 931с.

1. Поняття про гербіциди, історія винайдення, сучасний стан та перспективи застосування гербіцидів.

Гербіциди – (від лат. *"herba"* - трава і *"caedo"* - убиваю, знищую) хімічні препарати, які використовуються для знищення небажаної трав'янистої рослинності.

У системі інтегрованого захисту рослин від шкідливих організмів при вирощуванні їх за інтенсивними технологіями хімічний метод боротьби з бур'янами відіграє провідну роль.

Про можливість знищення рослин концентрованими розчинами солей було відомо досить давно. Проте тільки в кінці XIX ст. встановили, що деякі хімічні речовини можуть знищувати одні рослини, не пошкоджуючи при цьому інших. Фітотоксичні властивості були виявлені в мідного та залізного купоросу, азотнокислої міді, натрієвої селітри, сульфату амонію, каїніту, ціанаміду кальцію та сірчаної кислоти. Досліди, проведені на початку XX ст. у Франції, показали, що низьковідсоткові розчини мідного та залізного купоросу й сірчаної кислоти (6- 10%) виявилися досить ефективними для знищення двосім'ядольних бур'янів у посівах зернових культур, але високі дози витрат цих речовин і властивість сірчаної кислоти спричинила корозію металів, стали гальмом для їх широкого застосування у виробництві.

У середині першої половини XX ст. для боротьби з бур'янами почали застосовувати арсеніт та хлорат натрію, сірководень, сполуки бору, тіоціанати, сульфомат амонію, ди-нітрофеноли, мінеральні масла. В цей час використання хімічних речовин для знищення бур'янів набирає виробничого значення, особливо ДНОКу для боротьби з повитицею.

Третій етап застосування хімічних речовин для боротьби з бур'янами починається з появи речовини під назвою 2,4-Д (дихлорфеноксоцтової кислоти) і спрямованого синтезу з фітоцидними властивостями. Починаючи з 1950-х років багато фірм і хімічних концернів з науководослідними інститутами та дослідними станціями працює над синтезом хімічних препаратів і вивченням їх застосування для боротьби з небажаною рослинністю. Фітотоксичні властивості виявлено в кількох тисяч хімічних сполук, а найефективніші з них - феноксикарбонові кислоти, триазини, фенілсечовини, сульфонілсечовини, карбамати - стали основою для виробництва гербіцидів - речовин для знищення бур'янів.

На даний час світова хімічна індустрія поставляє на аграрний ринок близько 240

спеціальних препаратів для боротьби з бур'янами (гербіцидів). їх асортимент постійно поповнюється і оновлюється: на зміну високотоксичним, стійким, малоефективним, легким, а також тим, що застосовуються у великих нормах, синтезуються, випробовуються і надходять у виробництво екологічно безпечні, дешевші і високоефективніші при низьких нормах витрат гербіцидів.

В Україні періодично видається «Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні», погоджений з Головним державним санітарно-епідеміологічним управлінням МОЗ України, у якому подаються всі дозволені для використання хімічні засоби боротьби з шкідливими організмами, у т. ч. і гербіциди, і регламенти їх застосування, дотримання яких є головною складовою безпеки щодо навколишнього середовища, тварин і людей.

2. Класифікація гербіцидів.

Гербіциди, що випускаються промисловістю, належать до хімічних сполук різної природи.

За хімічним складом:

- неорганічні;
- органічні.

Переважає більшість гербіцидів належить до органічних, похідних різних класів сполук.

Залежно від властивостей:

- суцільної дії (неселективні);
- вибіркової дії (селективні).

Гербіциди суцільної дії застосовують для знищення всіх бур'янів та іншої небажаної рослинності на землях несільськогосподарського використання (узбіччя доріг, зрошувальні й осушувальні канали, лінії електропередач, майданчики, що готуються під забудову, тощо). На сільськогосподарських угіддях гербіциди суцільної дії можна застосовувати в період відсутності культурних рослин (у системі основного або передпосівного обробітку ґрунту, на парових полях), а також при спрямованих обробках у садах, виноградниках, плодово- і лісорозсадниках. Для цієї мети використовують препарати: реглон, раундап, арсенал, баста. Багато препаратів при завищених нормах можуть виявити суцільну дію.

Гербіциди вибіркової (селективної) дії здатні знищувати або пригнічувати ріст одних рослин у посівах за наявності інших рослин, які під дією гербіцидів нормально

ростуть і розвиваються. Препарати селективної дії при правильному доборі норм витрат, способу застосування, фази розвитку культури і бур'янів забезпечують знищення більшості їх видів, звільнюючи посіви від надзвичайно сильних конкурентів за світло, вологу, поживні речовини, життєвий простір.

Види вибіркості.

Частина гербіцидів відзначається вузькою вибіркковістю. Наприклад, тарга, фюзилад, поаст, фуроре супер знищують односім'ядольні бур'яни родини тонконогих у посівах двосім'ядольних сільськогосподарських культур, а препарат пума супер здатний знищити вівсюг і мітлицю звичайну в посівах озимої пшениці, хоча вони й належать до однієї родини.

Вибірковість гербіцидів часто зумовлена відмінностями в анатомічній і морфологічній будові рослин. Така вибіркковість називається топографічною. Так, рослини з щільною кутикулою і восковим нальотом, а також з густим опушенням більш стійкі до гербіцидів, оскільки ці анатомічні особливості запобігають надходженню препарату в рослину. У рослин з вузьким вертикальним листям (цибуля, часник та ін.) відбувається стікання робочої рідини з поверхні листової пластинки, при цьому гербіцид майже не проникає в тканини.

У рослин з глибоким заляганням кореневої системи виявляється стійкість до препаратів, що утримуються у верхньому шарі ґрунту і не досягають зони діяльності коріння. До таких рослин, зокрема, належать осот польовий, гірчак повзучий, хвощ польовий, березка польова та інші багаторічні бур'яни.

Стійкі до гербіцидів культурні рослини виявляють біохімічну вибіркковість внаслідок швидкого руйнування молекули гербіциду до неактивних компонентів. В окремих випадках рослини здатні швидко виділяти гербіциди через кореневу систему в незміненому стані без шкоди для них. Стійкість злакових рослин до дії 2,4-Д пояснюється детоксикацією гербіциду шляхом зв'язування його білковими комплексами клітинних структур, білками мембран цитоплазми, а також утворенням комплексів зі сполуками небілкового походження. Чутливість бур'янів до дії гербіцидів пояснюється значними незворотними порушеннями процесів обміну речовин, що призводить до загибелі цих рослин. Вибірковість похідних симетричного триазину пояснюється особливостями переміщення гербіцидів і нагромадженням їх у місцях фітотоксичної дії. Виявлено, що у стійких рослин (кукурудзи) гербіцид накопичується в коренях, у той час як у чутливих видів він швидко нагромаджується в листовому

апараті — в місцях фотосинтетичної активності, через що і виявляє свою фітотоксичну дію. Крім того, внаслідок руйнування гербіциду окисно-відновними ферментами (пероксидазою) в рослині кукурудзи сим-триазинові гербіциди руйнуються до нетоксичних сполук.

З розвитком досягнень біотехнологій та генної інженерії розкриваються можливості в керуванні стійкістю рослин до дії гербіцидів. Визначення генетичного коду стійкості рослин до гербіцидів дає можливість переносити гени стійкості в культури та вирішувати проблему регулювання рівня забур'яненості посівів цукрових буряків, кукурудзи, сої, ріпаку та інших культур за допомогою гербіцидів суцільної дії, до яких стійкості в культури не було (гліфосату, глюфосинату амонію тощо).

Залежно від особливостей дії на рослини:

- контактні;
- системні.

Гербіциди контактної дії — препарати, які здатні уражати рослини в місцях змочування робочою сумішшю. Контактні гербіциди практично не здатні рухатися по провідній системі рослин, через це вони не проникають у кореневу систему багаторічних бур'янів, які спроможні відростати знову.

Гербіциди системної дії здатні рухатися судинно-провідною системою, впливаючи на всю рослину і викликаючи загибель як надземних, так і підземних її органів. Під час переміщення по судинах рослин гербіциди взаємодіють із клітинним вмістом, що призводить до часткової їх інактивації шляхом поглинання клітинами, руйнування ферментами, утворення комплексних сполук. По флоємі гербіциди рухаються в кореневу систему, генеративні органи, нагромаджуються в зонах активного росту, викликаючи глибокі порушення фізіологічних процесів, що призводить до загибелі чутливих рослин. З ґрунтовим розчином гербіциди поглинаються кореневими волосками, передаються до судин ксилеми і з транспіраційною течією пересуваються в надземні органи рослин. Системні препарати доцільно використовувати в боротьбі з багаторічними видами бур'янів, коренева система яких проникає глибоко в ґрунт.

Поглинання й пересування по рослині системних гербіцидів відбувається пасивним способом, якщо використовується теплова енергія дифузії або енергія транспірації. Активне поглинання і транспортування гербіцидів відбувається за рахунок використання енергії аденозинтрифосфатної кислоти (АТФ).

За способом проникнення в рослину:

- післясходові;
- ґрунтові.

Післясходові гербіциди проникають через надземні органи (листки, стебла, черешки) і застосовуються після появи сходів культури та бур'янів (бетанал, раундап, поаст, гродил та ін.).

Ґрунтові гербіциди проникають у рослини через кореневу систему і виявляють дію на проростки насіння, також їх називають гербіцидами кореневої дії (дуал, зенкор, прометрин та ін.).

3. Строки застосування гербіцидів

Строки застосування гербіцидів залежать від:

- властивостей того чи іншого препарату;
- біологічних особливостей культури і бур'янів;
- вибірковості;
- спектра дії тощо.

Осіньне (завчасне) внесення гербіцидів проводиться в системі основного (зяблевого) обробітку ґрунту з метою знищення багаторічних кореневищних і коренепаросткових видів бур'янів з використанням, наприклад, раундапу або басті проти пирію повзучого, видів осоту, гірчака рожевого та ін. Обробка гербіцидами проводиться після відростання розеток чи пагонів бур'янів унаслідок післязбирального лушіння стерні зернових культур. Наступний (після обприскування) обробіток ґрунту слід проводити не раніше, ніж системні гербіциди проникнуть у глибоко залеглі кореневища, тобто не раніше, ніж через 10—15 днів. Ускладнюється знищення багаторічників у роки з посушливим літньо-осіннім періодом, коли відростання бур'янів без поливу не відбувається.

Допосівне і допосадкове застосування гербіцидів ґрунтової дії (трефлан, дуал, зенкор, прометрин та ін.) проводиться під час передпосівної культивації дисковою чи зубовою бороною у вологий шар ґрунту. При цьому не допускається розрив у часі між обприскуванням і загортанням. Це зумовлено застосуванням летких гербіцидів (трефлан, ептам, ерадикан та ін.). Порушення в технології призводить до непродуктивних витрат препаратів, зменшення їх ефективності, забруднення навколишнього середовища, фінансових витрат. Використання гербіцидів до посіву чи висаджування розсади дозволяє успішно знищувати однорічні бур'яни у фазі

Припосівне застосування гербіцидів відбувається одночасно з посівом шляхом внесення гранульованих препаратів за допомогою спеціальних аплікаторів або стрічкового внесення робочих сумішей і в захисну зону широкорядного посіву просапних культур.

Стрічкове внесення гербіцидів — один із напрямів екологічно безпечного і раціонального використання пестицидів.

Досходове застосування гербіцидів проводять після посіву або по сходах бур'янів, але до появи сходів культурних рослин. Цей захід доцільніше проводити на третій — четвертий день після посіву, коли збігаються в часі поява проростків бур'янів (вони перебувають у фазі «білої ниточки») і проведення досходового боронування. У досходовий період успішно застосовують ґрунтові препарати: харнес, дуал голд, трофі супер, фронт'єр та ін. Однак треба пам'ятати, що час для застосування досходових гербіцидів досить обмежений — від посіву до появи проростків культури, які можуть ушкоджуватися досходовим боронуванням. Недоліками досходового внесення гербіцидів може бути пересихання верхнього шару ґрунту і, як наслідок, недостатня ефективність гербіцидів, а також ситуація, коли в період застосування гербіцидів проходять рясні дощі і втрачається оптимальний строк обробки. Крім того, час застосування ще більше скорочується, коли температура повітря і ґрунту вища за 20—24°C.

Передовий досвід захисту культур від бур'янів переконує, що в зоні достатнього зволоження досходове застосування гербіцидів не поступається (в окремих випадках навіть перевищує) ефективності допосівного їх внесення. У зоні нестійкого зволоження і ризикованого землеробства доцільніше вносити гербіциди під передпосівну культивуацію із загортанням їх у вологий шар ґрунту.

Післясходове застосування має перевагу перед іншими за рахунок того, що в цей період вегетації можна визначити численність бур'янів і доцільність застосування гербіцидів, знаючи видовий склад бур'янів, можна цілеспрямовано підібрати препарати і використати їх з найбільшою ефективністю. Крім того, заходи боротьби з бур'янами можна поєднувати із захистом від шкідників і хвороб, із застосуванням регуляторів росту, ретардантів, позакореневим підживленням мікро- і макроелементами.

При обприскуванні післясходовими гербіцидами особливо важливо враховувати фази стійкості культури, фази росту бур'янів і їх чутливість до обробок тим чи іншим

препаратом, ретельно дотримуватися норм витрат препаратів і рідини, враховувати погодні умови. Післясходові гербіциди можна вносити суцільним і стрічковим способом, обробляючи захисну зону рядків просапних культур (кукурудзи, соняшнику, цукрових буряків, сої, бавовнику, виноградників, плодових насаджень, овочевих культур та ін.). Післясходове внесення застосовується в парових полях для знищення сходів бур'янів з метою зменшення витрат на обробіток ґрунту і обмеження вітрової й водної ерозії.

Гранульовані форми гербіцидів використовують до посіву із загортанням у ґрунт або без нього, до сходів або після сходів культури і бур'янів суцільним або стрічковим способом. Гранульовані препарати діють на бур'яни значно довше, повільно руйнуються під впливом метеорологічних факторів і мікробіологічних процесів, не втрачаються через випаровування, їх можна вносити одночасно з розсіюванням мінеральних добрив.

Гербігація.

На зрошуваних землях посіви рису, цукрових буряків, соняшнику, кукурудзи можуть оброблятися гербіцидами одночасно з поливом по борознах або дощувальними агрегатами. Такий спосіб застосування гербіцидів називається гербігацією. При досить великому розведенні (1:50000—100000) не втрачаються через випаровування навіть такі леткі препарати, як ептам, ерадікан, тиллам, ялан, роніт та ін. При цьому досягаються рівномірний розподіл гербіциду по площі і висока загибель бур'янів.

Розробляються і поступово знаходять впровадження нові способи застосування гербіцидів (підґрунтове, гніздове, рециркуляторне, контактне та ін.), які зменшують непродуктивні витрати препаратів, послаблюють негативний вплив на об'єкти довкілля, значно економічніші тощо.

4. Особливості застосування гербіцидів

Гербіциди - специфічні хімічні речовини, тому їх застосування має свої особливості.

Точне дотримання норми внесення.

Оскільки більшість культурних рослин чутливі до дії гербіцидів, то необхідно дуже точно дотримуватися внесення заданої кількості діючої речовини препарату на 1 га. Доза діючої речовини повинна бути оптимальною для кожного поля і здатною забезпечувати найвищу біологічну ефективність і одночасно бути найменш токсичною для культури. Крім того, забруднення навколишнього середовища повинно бути

мінімальним. Тому обов'язково слід дотримуватися правила встановлювати кількість необхідної діючої речовини в розрахунку на гектар, а не в процентах, як це часто роблять при застосуванні інсектицидів і фунгіцидів.

Залежність строків внесення від тривалості дії гербіцидів.

Найбільш оптимальною при застосуванні гербіцидів є ситуація, коли тривалість дії гербіцидів є близькою до тривалості періоду вегетації культурних рослин. Однак кількість таких гербіцидів поки що обмежена. Тому при застосуванні того чи іншого гербіциду слід обов'язково враховувати тривалість його дії на бур'яни і строки застосування повинні бути такими, щоб оптимально використати потенційні можливості препаратів без порушення регламентів.

Рівномірність розподілу робочого розчину.

Біологічна ефективність гербіцидів напряду залежить від рівномірності розподілу робочого розчину по оброблюваній площі як при застосуванні по вегетуючих бур'янах, так і при внесенні в ґрунт. У другому випадку дуже важливою є глибина загортання їх у ґрунт, оскільки саме з нею пов'язаний характер дії ґрунтових гербіцидів. При цьому дуже важливим є те, щоб мінімальна кількість гербіциду потрапила в зону розташування основної маси кореневої системи культурних рослин.

5. Охорона навколишнього середовища при застосуванні гербіцидів та їх детоксикація

Пестициди як біологічно активні речовини часто мають негативний вплив на навколишнє середовище. Невідмінною умовою захисту довкілля є бездоганне дотримання всіх регламентів щодо застосування їх - норм внесення, строків, способів тощо.

Важливим аспектом у застосуванні гербіцидів є строге дотримання ГДК - гранично допустимих кількостей препаратів у продукції, ґрунті, воді, робочій зоні застосування препарату. Це запобігає можливому негативному впливу на здоров'я людей, що працюють на обробленій території, споживають продукцію із зони застосовування пестицидів, а також унеможлиблює перенесення препаратів з місць з високою у місця з меншою концентрацією.

Значна увага надається дотриманню положень МДР - максимально допустимих рівнів дозволених препаратів не тільки безпосередньо в продукції рослинництва, а й у продуктах харчування, виготовлених з неї (борошно, цукор, олія, тютюнові вироби, молоко, яйця тощо). Особливо слід слідкувати за МДР у дієтичних продуктах та

Особливим чинником є дотримання "Інструкції з техніки безпеки при зберіганні, транспортуванні й застосуванні пестицидів у сільському господарстві". У цій інструкції вказуються правила перевезення пестицидів, конструкції складів для них, відстані останніх від населених пунктів та тваринницьких приміщень, положення про захисні смуги при обприскуванні поряд з чутливими культурами наземним та авіаційним способом, ширина захисних смуг, які необхідно залишити при обробленні пестицидами вздовж річок, довкруги озер та ставків (від 300 м до 2 км).

Пестициди і зокрема гербіциди належать до біологічно активних речовин. Окремі з них діють не тільки на рослини, мікроорганізми або комах, проти яких їх застосовують, а й впливають на інші організми. Крім того, окремі гербіциди мають виражені фінгіцидні та інсектицидні властивості, багато з них впливають на фауну водосховищ, річок, морів та океанів, на теплокровних тварин, а також на людину. Цей вплив може бути дуже різноманітний, його негативні прояви докладно вивчаються, розробляються заходи протидії. Гербіциди, які мають негативний вплив на людей, теплокровних тварин та інші організми не допускаються до застосування.

Застосування хімічних речовин для захисту рослин з кожним роком збільшується і, як наслідок, спостерігається посилена негативна дія на зовнішнє середовище: забруднюються атмосфера, ґрунти, водні басейни і річки; залишки хімічних речовин нагромаджуються в продуктах харчування та кормах. У той же час часто створюються нові форми організмів, стійких до дії препаратів.

Останніми роками в біоценозах збільшується кількість шкідливих видів рослин, стійких до гербіцидів. Це призводить до зростання норми пестицидів, забруднення довкілля.

Проблема забруднення навколишнього середовища гербіцидами виникла через якість внесення препаратів. За сучасних способів їх застосування лише незначна їхня частина використовується за призначенням - потрапляє безпосередньо на рослини, які необхідно знищити. Значна частина хімічних засобів збільшує забрудненість ландшафту під час обробітку, а також після змивання гербіцидів опадами, перенесення ґрунтовими водами та з рослинами після їхнього відмирання чи збирання врожаю.

Велике значення має й те, що в цілому стійкі до окремих гербіцидів рослини (так звані організми-концентратори) можуть акумулювати їх у своїх органах у вищих концентраціях, ніж вони перебувають у навколишньому середовищі. Іноді відносно

малотоксичні і нестійкі речовини, потрапляючи в ґрунт, внаслідок хімічних⁴¹ і біологічних процесів перетворюються на більш стійкі, складні або токсичні метаболіти. Наприклад, препарати групи 2,4-Д, які широко застосовуються для хімічного прополювання зернових культур, середньотоксичні для теплокровних тварин, а в ґрунті та рослинах можуть за певних умов перетворюватися на сильнотоксичні сполуки. Хлороподібні фенілсечовини, фенілкарбамати, ациланіліди, речовини середньо- або малотоксичні перетворюються на високотоксичні хлораніліни. Утворені речовини своєю активністю випереджають об'єкти, проти яких застосовуються.

Більшість гербіцидів, внесених у ґрунт або по вегетуючих рослинах, проходить детоксикацію, тобто процес перетворення фізіологічно активних сполук на нетоксичні шляхом розкладу або утворення нетоксичної речовини. Процес детоксикації відбувається під впливом фізичних, фізико-хімічних та біологічних чинників. До них належать термічний та фотохімічний розклад гербіцидів, гідроліз та інші хімічні перетворення, фотоліз та інші шляхи метаболізму в рослинах, метаболізм мікроорганізмами та мезофауною ґрунту, катаболізм ґрунтовими ферментами.

У навколишньому середовищі відбувається також процес інактивації гербіцидів, який, крім детоксикації, охоплює й деякі інші способи послаблення їх фітотоксичної дії на оброблюваній площі, не пошкоджуючи при цьому рослин в інших місцях або в інший час. Так, завдяки вивітрюванню з поверхні рослин або ґрунту, випаровуванню разом з водяною парою зменшується пошкодження гербіцидами в місці їх внесення, але може бути шкідливим для чутливих рослин, які ростуть не далеко, особливо за наявності вітру. Таке пошкодження виноградників, плантацій соняшнику та інших чутливих до 2,4-Д культур траплялося в південних районах України. О тимчасової інактивації можна віднести також сорбцію гербіцидів ґрунтовими колоїдами. При зміні фізико-хімічного стану в ґрунтовому вбирному комплексі або зміні вологості поглинуті гербіциди можуть знову надходити в ґрунтовий розчин і проявляти свою фітотоксичність. Таке явище спостерігається при застосуванні триазинів, які повільно розкладаються, і їхня післядія в наступні роки дуже залежить від вологості ґрунту і фізико-хімічних процесів, що відбуваються в ньому.

Вимивання гербіцидів за межі кореневмісного шару і винесення ґрунтовими водами сприяє перенесенню їх у інші місця ландшафту. Якщо при цьому паралельно не відбувається процес детоксикації, це призводить до їхнього нагромадження, збільшення, особливо в знижених елементах рельєфу та водному середовищі.

Застосування стійких препаратів у великих кількостях на значних площах, які є водозбірними для тих чи інших водних басейнів, є причиною змивання їх талими, дощовими і перенесення ґрунтовими водами. Водні басейни (річки, озера, ставки, водосховища, моря) є кінцевим притулком хімічних речовин, зокрема гербіцидів. Деякі з них навіть у низьких концентраціях змінюють органолептичні властивості води - смак, запах. Це може вплинути на харчові властивості риби, м'яса або навіть стати причиною їхньої непридатності для споживання. Одним з негативних наслідків забруднення довкілля є процес біологічної концентрації залишків пестицидів. Похідні симетричного триазину належать до малотоксичних сполук, але вони небезпечні для тварин та людей через їхнє повільне розкладання та кумулятивні властивості. Під їх впливом відбуваються різні зміни в організмі.

Гербіциди спричинюють гострі отруєння тільки в тому випадку, якщо явно порушені заходи безпеки, або при вживанні в їжу продуктів з підвищеною кількістю допущених залишків, при дотриманні встановлених строків зберігання тощо. Щоб уникнути негативних наслідків або звести їх до мінімуму, необхідно знати умови, які сприяють детоксикації та інактивації гербіцидів. Відомо, що ступінь нагромадження стійких препаратів залежить від типу ґрунту, його механічного складу, вологості, температури, активності мікробіологічних процесів тощо.

На легких ґрунтах вносять менші норми препаратів. Вміст їх порівняно швидко зменшується. На важких за механічним складом ґрунтах доводиться вносити вищі норми, тому розклад їх відбувається повільніше. Висока температура та вологість, тривалий теплий період сприяють швидкій детоксикації гербіцидів. Інтенсивний обробіток ґрунту теж діє в цьому напрямі.

Перетворення гербіцидів, які потрапляють у ґрунт та на його поверхню, дуже різноманітні. Деякі з них можуть розкладатися під дією сонячного світла (2,4-Д, трефлан, реглон), що потрібно обов'язково враховувати у виробничій практиці. Наприклад, трефлан відразу після внесення загортають у ґрунт, тому що через кілька днів перебування на поверхні він значно втрачає свої гербіцидні властивості.

Втрата токсичності у зв'язку із взаємодією з хімічними речовинами ґрунту має значення для багатьох препаратів. Так, ціанамід кальцію в кислих ґрунтах розкладається з утворенням токсичних сполук, які діють на рослини, а трихлорацетат натрію, бетанал за наявності води розпадаються в ґрунтах з лужною реакцією. Під дією води гідролізується багато гербіцидів, зокрема далапон, 2,4-Д.

Варто зважати й на рівень токсичності деяких гербіцидів. Він може зменшуватися через леткість або високу розчинність препаратів у воді. Значна леткість ептаму, ерадикану, аліроксу може бути настільки вагомою причиною втрат цих препаратів з верхнього шару ґрунту, що ефективність їх дії на бур'яни різко знижується.

Зниження фітотоксичності, спричиненого високою розчинністю і вимиванням у глибокі шари ґрунту, спостерігається при застосуванні трихлорацетату натрію і далапону.

Проте найважливішим фактором детоксикації гербіцидів є їхнє розкладання під впливом мікроорганізмів. У цьому процесі, очевидно, беруть участь усі групи ґрунтових мікроорганізмів: гриби, актиноміцети, бактерії, але найбільше вивчено бактеріальне розкладання гербіцидів. Встановлено, що гербіциди пригнічують життєдіяльність деяких груп мікроорганізмів і впливають на зміну мікробного складу ґрунту. Проте якщо застосовуються оптимальні дози гербіцидів для знищення бур'янів, то порушення мікробіологічного режиму ґрунтів незначні і досить швидко повертаються до норми.

Руйнування гербіцидів мікроорганізмами залежить від їх хімічного складу. Є сполуки, які внаслідок сукупності причин розкладання (фотохімічного, хімічного і мікробіологічного) руйнуються і втрачають фітотоксичність через кілька днів після внесення (гліфосат, реглон). Такі препарати застосовуються в системі обробітку ґрунту без перевертання верхнього шару або в системі безорного землеробства, коли зернові висівають без обробітку ґрунту по пласту люцерни, знищеної реглоном. Є гербіциди, мікробіологічне розкладання яких відбувається дуже повільно - він триває декілька років (симазин, пропазин, діурон, тордон).

Пригнічуючи життєдіяльність деяких груп мікроорганізмів, гербіциди впливають на зміну складу біоти ґрунту, проте при застосуванні оптимальних доз гербіцидів для знищення бур'янів порушення мікробіологічного режиму ґрунтів зовсім незначні і досить швидко повертаються до норми.

Швидкість розкладу гербіцидів у ґрунті значно залежить від способів застосування їх препаративних форм. Процес детоксикації проходить найшвидше, якщо препарат наноситься на поверхню ґрунту у формі емульсії. При застосуванні гербіцидів у ґрунт цей процес сповільнюється. Внесення гербіцидів у формі гранул також затримує їхню детоксикацію.

Значно зменшується кількість гербіцидів у ґрунті, якщо вносити їх на просапних культурах стрічковим способом. Цей спосіб широко практикується на

просапних культурах, а в садах та на виноградниках не тільки дає змогу економно¹⁴ використовувати дефіцитні поки що гербіциди, а й зменшує їхню кількість у навколишньому середовищі. Широко застосовують способи локального внесення гербіцидів - обприскування окремих рослин або їхніх гнізд та пристовбурних кругів, нанесення гербіцидів на бур'яни за допомогою постійно змочуваного полотна. Для багатьох із гербіцидів детоксикація самими рослинами має менше значення, ніж в об'єктах зовнішнього середовища. Це особливо стосується ґрунтових гербіцидів, значна частина яких залишається в ґрунті. Втрата токсичності завдяки взаємодії з хімічними речовинами ґрунту має значення для багатьох препаратів. Так, ціанамід кальцію в кислих ґрунтах розкладається з утворенням токсичних сполук, які діють на рослини, а трихлорацитат натрію, бетанал за наявності води розпадаються в ґрунтах з лужною реакцією. Під дією води гідролізується багато гербіцидів, зокрема далапон, 2,4-Д.

Необхідно зважати на те, що рівень токсичності деяких гербіцидів може зменшуватися через їх летючість або високу розчинність у воді. Значна летючість ептам, трефлану пояснює чимале винесення препаратів з верхнього шару ґрунту, через що ефективність їхньої дії на бур'яни різко знижується. Зниження фітотоксичності, спричинене високою розчинністю і вимиванням у глибокі шари ґрунту, спостерігається при застосуванні трихлорацетату натрію і далапону.

Останніми роками відкрито гени детоксикації хімічних речовин (зокрема гербіцидів) у рослин і мікроорганізмів. Вивчення і маніпуляція цими генами (генна інженерія) створюють можливість одержувати поліпшені штами деградаційної мікрофлори, а це - можливість здійснювати екологічний контроль. Виведені цим методом також сорти й гібриди культурних рослин, у яких з'явилася стійкість до окремих гербіцидів.

Перспективи спрямованого мікробіологічного розкладання гербіцидів дуже вагомі. Препарат 2,4,5-Т сам по собі досить отруйний, крім цього, містить значні домішки діоксину (в нашій країні не дозволений до застосування). В університеті штату Іл-лінойс (США) виведено новий штам бактерій, які розкладають 2,3,5-Т до кінцевих продуктів - води, вуглекислого газу та нешкідливих хлоридів. Вчені вважають, що цей штам мікроорганізмів може розкладати й інші гербіциди, зокрема групу феноксикислот.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте препарати, які належать до похідних сульфонілсечовини.
2. Наведіть класифікацію гербіцидів за характером проникнення в рослини.

3. Перелічіть гербіциди групи похідні арилоксифеноксипропіонової кислоти. 1^б
4. Які бур'яни стійкі до 2,9-Д?