

## ОТРИМАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ГЕРБІЦИДОСТІЙКИХ СОРТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

**Литвин І.І.**, студент 1 курсу, спеціальність 201 «Агрономія»  
*Науковий керівник* **Овчарук О.В.**, кандидат с/г наук, асистент кафедри агрохімії, хімічних та загальнобіологічних дисциплін  
ovcharyk01@gmail.com

Подільський державний аграрно-технічний університет

Стійкість до гербіцидів – важлива для сільськогосподарських культур ознака, яка дає змогу суттєво знизити видатки виробництва та підвищити врожайність за рахунок ефективнішого контролю над бур'янами. За допомогою традиційної селекції вивести гербіцидостійкі сорти надзвичайно складно. Сортів сільськогосподарських рослин, стійких до найбільш використовуваних гербіцидів тотальної дії гліфосату та глюфозинату, не існує. Генна інженерія цю проблему вирішує досить просто – перенесенням у генетичний матеріал рослини генів від стійких до гербіцидів мікроорганізмів.

З огляду на це перші генно-інженерні дослідження фінансувались в основному найбільшими транснаціональними компаніями, які спеціалізувались на виробництві зазначених вище пестицидів, оскільки вони були зацікавлені передусім у створенні сортів рослин, стійких до їх продукції. Завдяки відносно простому характеру генетичного контролю цієї ознаки, доброму вивченню відповідних генів отримувати гербіцидостійкі генетично модифіковані рослини набагато простіше, ніж, наприклад, рослини, стійкі до засухи чи засолення.

В результаті вивчення механізму дії гербіцидів виявили, що найчастіше вони впливають на один важливий для метаболізму рослин фермент, зв'язуючись з ним і у такий спосіб ослаблюючи його активність. Це призводить до порушень росту і розвитку оброблених гербіцидом рослин, і вони гинуть. Толерантність до гербіцидів зумовлена зазвичай мутацією одного гена.

Відомі два основних механізми стійкості. Перший з них – «мутація мішені» – пов'язаний зі зміною послідовності амінокислот у тій ділянці молекули фермента, в якій відбувається його зв'язування з гербіцидом. Внаслідок цього гербіцид «не реагує» на свою мішень, фермент зберігає активність, а організм стає толерантним до дії гербіциду. Такий механізм характерний для стійкості до таких гербіцидів, як гліфосат (раундап), сульфонілсечовина, імідозолінон та ін.

Другий механізм пов'язаний з виробленням у стійких організмів ферментів, спроможних дезактивувати гербіцид, наприклад шляхом приєднання до нього будь-якого хімічного радикала - ацетильної групи, нітрат-йона та ін. Цей механізм діє в організмів, толерантних до гербіциду глюфозинату амонію. Наприклад, соя, стійка до гербіциду гліфосату, – безумовний лідер серед усіх трансгенних культур. Поява генетично модифікованих сортів зумовила

справжню революцію в технології вирощування сої. Справа в тому, що культурна соя на ранніх етапах розвивається досить повільно. Конкурентноздатність дорослих рослин також невисока. Це означає, що без застосування гербіцидів практично неможливо виростити високий урожай цієї культури.

«Мішенню» в рослині є фермент 5-енолпірувілшикимат-3-фосфатсинтетаза (EPSPS), який відіграє важливу роль у синтезі ароматичних амінокислот - тирозину, фенілаланіну і триптофану. Під дією гербіциду у нестійких до нього рослин спостерігають симптоми азотного голодування через нестачу зазначених амінокислот – «будівельного матеріалу» для синтезу білків, і вони гинуть упродовж двох тижнів. Варто зазначити, що гліфосат належить до гербіцидів нового покоління, відносно безпечних для здоров'я людини і навколишнього середовища, адже його «мішень» є лише у рослин, грибів та бактерій і відсутня у тварин. Гліфосат відносно швидко, приблизно упродовж тижня, руйнується після потрапляння на рослини або ґрунт. У деяких бактерій виявлено кодуєчі EPSPS гени, які несуть точкові мутації. Результатом мутації є заміна однієї амінокислоти в ділянці ферменту, в якій відбувається його зв'язування з гербіцидом гліфосатом. У зв'язку з цим гербіцид втрачає здатність дезактивувати такий мутантний фермент, і бактерія набуває стійкості до його дії.

Виділено та клоновано кілька генів EPSPS з «мутацією мішені»: *aro A* від бактерій роду *Aerobacter*; *sml* від *Salmonella*; *cp4* від *Agrobacterium*. У вирощуваних у всьому світі трансгенних комерційних сортах сої вбудовано останній із зазначених мутантних генів, тобто ген *cp4* від ґрунтової бактерії *Agrobacterium tumefaciens CP4*. Генетична конструкція, створена за допомогою технології рекомбінантних ДНК для перенесення цього гена в рослини, містить також промотор *CaMV35S* від вірусу мозаїки цвітної капусти, термінальну послідовність від гена *nos* нопалінсинтетази *A. tumefaciens* і невелику послідовність від петунії, яка кодує хлоропластний транзитний пептид, необхідний для доставки мутантного EPSPS до хлоропластів – місця синтезу ароматичних амінокислот у клітині. Для перенесення цієї конструкції в генетичний матеріал сої використано метод балістичної трансфекції – «бомбардування» клітин за допомогою «генної гармати».

У трансгенній сої відсутні селективні гени стійкості до антибіотиків, оскільки сам ген стійкості до гліфосату можна використовувати як селективний. Близько тисячі різних сортів стійкої до гліфосату сої, які вирощують на різних континентах, отримано за допомогою традиційної селекції, в якій як джерело мутантного EPSPS гена використано одну-єдину рослину з описаною вище генно-інженерної модифікацією.

Таким чином, ГМ сорти сої відрізняються від звичайних лише тим, що у них утворюється два типи одного і того самого ферменту EPSPS. Перший – свій власний, який може зв'язуватись з гербіцидом, і другий – привнесений від бактерії, який не зв'язується з гербіцидом. Саме наявність останнього робить ці сорти стійкими до дії гліфосату, оскільки зберігає їм життя після оброблення посівів гербіцидом.