

**ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСГЕННОЇ СОЇ:
ПРОБЛЕМИ ТА МОЖЛИВІ АЛЬТЕРНАТИВИ
У ДАНОМУ НАПРЯМІ**

Вперше соя резистентна до гліфосату була протестована у польових умовах в 1991 році, а на сьогодні нараховується понад 1 000 трансгенних сортів даної культури [2]. Ще донедавна трансгенна соя розумілась як революційний прорив в технології контролю за бур'янами і була найбільш домінуючою в комерційному плані серед всіх трансгенних сільськогосподарських культур у світі. У 2000 році гліфосат-стійка соя займала понад 25,8 млн. га, площі даної культури збільшилися з 2% в 1996 році до 68% в 2001 році. Гліфосат-стійка соя як засіб контролю за бур'янами надала фермерам можливість ефективно керувати широким спектром бур'янів. Використання такої трансгенної сої створило альтернативу контролю за бур'янами, які стійкі до інших гербіцидів. Таке швидке зростання посівів сої, стійкої до гліфосату, викликане простотою використання тільки одного гербіциду та відповідно – низькою вартістю [10]. Однак, сьогодні дискусійним є застосування гліфосату в посівах трансгенної сої, оскільки безперервне його використання спричинило появу в усьому світі еволюційно стійких до даного гербіциду бур'янів.

Донедавна будь-які гліфосат-стійкі бур'яни були лише проблеском в їх геномі, однак сьогодні резистентність до гліфосату була підтверджена серед 10 видів у 23 державах [1]. Інші бур'яни потребують більш високих норм внесення гліфосату для ефективного контролю. Постійне використання гліфосату також змістило популяції бур'янів в деяких районах.

Особливе занепокоєння викликає виникнення бур'янів стійких до декількох класів гербіцидів. Так, в США досить поширений біотип коноплі, який стійкий до таких класів гербіцидів: інгібітори транспорту електронів у

фотосистемі 2 – триазини (атразин), інгібітори ацетолактатсинтази (АЛС) – імазетапир, інгібітори протопорфіриногеноксидази (ПРОТОКС) (лактофен), неселективні гербіциди (гліфосат) [1].

Бур'ян комеліна звичайна (*Commelina communis* L.) набув високої резистентності до гліфосату, що спричинює гостру увагу до нього та його властивостей. В умовах вегетаційних дослідів було доведено, що одноразове внесення гліфосату (д. р. 0,84 кг/ га) не контролювало даний бур'ян, тільки гранично висока норма гліфосату (13, 44 кг/га д. р.) була летальною для даного бур'яна. Навіть тоді, коли гліфосат був застосований на ранньому етапі розвитку, у фазі двох листків і при високих нормах внесення (д. р. 3,36 кг/ га), комеліна звичайна контролювалася гербіцидом тільки на 28%. У зв'язку з цим, постала гостра потреба у використанні інших гербіцидів для контролю даного бур'яна. У польових дослідженнях в посівах сої і кукурудзи метрибузин контролював ковеліну звичайну на 80 %. Раннє внесення повсходових гербіцидів хлорансуламу чи лактофену контролювало бур'ян на 80 і 67%, відповідно. При внесенні ж гліфосату у нормі 86 кг/ га д. р. – тільки приблизно на 50%. Після 21-го дня після обробки всі нестійкі до гліфосату рослини сої і кукурудзи гинули, а рослини комеліни звичайної – виживали [7].

Донедавна рослини лободи білої (*Chenopodium album* L.) ефективно контролювалися повсходовим внесенням гліфосату, однак з 2002 року в результаті постійного застосування гліфосату були виявлені рослини лободи, які виживали після повсходового внесення гліфосату в посівах гліфосат-резистентної сої [9].

Соя є найбільш поширеною культурою і в Бразилії, а інгібітори АЛС широко використовуються для контролю бур'янів у цій культурі. Безперервне використання інгібіторів АЛС призвело до еволюції стійких до даних гербіцидів бур'янів. Череда виду *Bidens subalternans* є поліплоїдом і одним з найбільш проблемних бур'янів для посівів сої з моменту відкриття АЛС-стійких біотипів сої в 1996 році [8]. Результати підтвердили

резистентність череди до інгібіторів АЛС і показали, що ген АЛС у даного біотипу череди має принаймні три ізоформи. Аналіз нуклеотидних та амінокислотних послідовностей серед ізоформ та між біотипами продемонстрував точкову мутацію Г-Т в одній з АЛС ізоформ, що в стійкого біотипу спричинило заміну амінокислот – Триптофан-574-Лейцин. Дві додаткові заміни спостерігалися Фенілаланін-116-Лейцин і Фенілаланін-149-Серин в другій ізоформі стійкого біотипу, які поки що не були знайдені в будь-якому іншому гербіцид-резистентному АЛС гені. Отже, їх роль у резистентності до гербіциду поки що ще не встановлена [8].

Швидка еволюція стійких бур'янів вимагає, щоб виробники урізноманітнювали свою практику контролю за бур'янами і використовували суміші гербіцидів, застосовували землеоброблювальну практику й основи гербіцидної резистентності. Лише за умови такого комплексного підходу, доречним є подальше застосування гліфосату та інших гербіцидів у трансгенних культурах [3]. Використання культур, стійких до кількох гербіцидів, може бути важливою частиною цього різноманіття [4]. Деякі селекційні надбання щодо множинної резистентності вже існують на ринку, але до цього часу стійкі культури було отримано лише для одного з класів гербіцидів.

На посівах сої використовують також гліфосинат, але у разі безперервного його використання можна стикнутися з тією ж проблемою, що й при застосуванні гліфосату та інгібіторів АЛС. Таким чином, епоха культур, стійких до одного класу гербіцидів закінчується.

Наступна хвиля в даному напрямі – трансгенні рослини з множинною резистентністю. Перший приклад – резистентність до гліфосату і інгібіторів АЛС [4]. На етапі досліджень множинна резистентність до гліфосату й інші механізми резистентності, і, у тому числі, глутатіон – трансферазна кон'югація [5] та цитохром-Р450 метаболізм гербіцидів [6]. Цікаво, що останній метаболічний шлях характеризується тим, що часто метаболізуються тільки окремі гербіциди одного класу, і таким чином можна

досягнути контролювання бур'янів в один сезон даним шляхом, а в наступному сезоні слід застосовувати інші гербіциди цього класу для інших культур.

Звичайно, одним з важливих шляхів розвитку хімічного методу боротьби є відкриття гербіцидів з новими механізмами дії. Сьогодні фірма БАСФ працює над продуктом з діючою речовиною сафлюфенасіл, проте і це навряд чи буде вирішенням проблеми захисту сої від бур'янів, бо речовина з класу уже відомих інгібіторів ПРОТОКС [1]. Іншим шляхом вирішення даної проблеми є застосування все-таки селективних гербіцидів та пошук їх ефективних бакових сумішей [11].

Отже, проблема виникнення резистентних бур'янів вимагає комплексного підходу до її вирішення. Необхідним видається застосування сумішей селективних гербіцидів, а також й надалі розробляти множинну гербіцидну резистентність, здійснювати пошук гербіцидів з новими сайтами дії.

Список використаних джерел:

1. *agriculture.com* Weed resistance spawns new soybean herbicides 05/12/2010 @ 4:04pm.
2. *Green Jerry M.* Evolution of Glyphosate-Resistant Crop Technology // *Weed Sci.* – 2009. – 57. – P. 108–117.
3. *Powles S. B.* Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt // *Pest Manag. Sci.* – 2008. – 64. – P. 360–365.
4. *Green, J. M., C. B. Hazel, D. R. Forney, and L. M. Pugh* New multiple herbicide crop resistance and formulation technology to augment the utility of glyphosate // *Pest Manag. Sci.* – 2008. – 64. – P. 332–339.
5. *Skipsey, M., I. Cummins, C. J. Andrews, I. Jepson, and R. Edwards* Manipulation of plant tolerance to herbicides through coordinated metabolic engineering of a detoxifying glutathione transferase and thiol cosubstrate // *Plant Biotech.* – 2005. – 3. – P. 409–420.

6. *Hirose, S., H. Kawahigashi, K. Ozawa, N. Shiota, H. Inui, and H. Ohkawa* Transgenic rice containing human CYP2B6 detoxifies various classes of herbicides // *Agric. Food Chem.* – 2005. – 53. – P. 3461–3467.
7. *Ulloa Santiago M.* Response of Asiatic Dayflower (*Commelina communis*) to Glyphosate and Alternatives in Soybean // *Weed Sci.* – 2009. – 57. – P. 74–80.
8. *Lamego F.P., Charlson D., Delatorre C.A., Burgos N. R.* Molecular Basis of Resistance to ALS-Inhibitor Herbicides in Greater Beggarticks // *Weed Sci.* – 2009. – 57. – P. 474–481.
9. *Hite G. A., King S.R., Hagood E. S., Holtzman G.I.* Differential Response of a Virginia Common Lambsquarters (*Chenopodium album*) Collection to Glyphosate // *Weed Sci.* – 2008. – 56. – P. 203–209.
10. *Reddy K. N.* Glyphosate-resistant soybean as a weed management tool: Opportunities and challenges // *Weed Biology and Management.* – 2001. – Vol. 1, Issue 4. – P. 193–202.
11. *Wrubel R.* Are herbicide mixtures useful for delaying the rapid evolution of resistance? A case study / R. Wrubel, J. Gressel // *Weed Technol.* – 1994. – 8. – P. 635–648.