

УДК 606:632-026.16

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСАДОВИХ ПРИНЦИПІВ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В БІОТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ РОСЛИН

М. М. БАРАНОВСЬКИЙ

Національний авіаційний університет, м. Київ

У статті висвітлено значення біотехнології для обґрунтування та використання концептуальних принципів системи захисту рослин на засадах сталого розвитку. Визначено перспективи розвитку біотехнології для інтегрованої системи захисту рослин.

***Ключові слова:** біотехнологія, сталий розвиток, захист рослин, резистентність*

Використання концепції сталого розвитку у сфері сільськогосподарського виробництва орієнтоване на реалізацію таких головних завдань як: 1) збереження довкілля, 2) економічне зростання виробництва та 3) поліпшення добробуту населення. Такий розвиток зумовлений різними філософськими, політичними та практичними підходами і базується, насамперед, на закономірностях розвитку біосфери, раціональному управлінні природними і людськими ресурсами. Управління людськими ресурсами передбачає соціальну відповідальність за умови роботи і життя працівників сфери виробництва. Управління природними ресурсами забезпечує стабільний розвиток природних систем або покращення стану життєвих ресурсів протягом тривалої перспективи [1].

Метою даної статті є обґрунтування можливості використання принципів сталого розвитку для біотехнологізації системи захисту рослин.

Загальні питання сталого розвитку на різних рівнях досліджувались багатьма зарубіжними та вітчизняними вченими. Глобальність даної проблеми

не лише для науки підтверджена спільною діяльністю економістів, екологів, представників соціальної сфери багатьох країн світу. Так, зокрема уточненню методології сталого розвитку та його дослідженню було присвячено роботу двох міжнародних проектів - "Susfood" та "Susfarm" в рамках європейської програми Tempus-Tasis, а також колективну роботу (Agricultural Sustainability) групи науковців Департаменту з міжнародного розвитку університету Ессекс Великої Британії під керівництвом Jules Pretty [1].

Одним із способів, який спрямований на збереження і раціональне використання довкілля агропромислових територій, є раціональна і продумана система захисту рослин. Традиційна система хімічного захисту рослин, яка застосовувалась протягом декількох десятиліть, базувалась на стратегії тотального знищення шкідливих організмів. Проте втрати врожаю від шкідливих організмів постійно зростали. А тому на заміну стратегії «боротьби» постала стратегія «контролю» чисельності шкідливих організмів. Альтернативою хімічній системі боротьби обрана інтегрована система захисту, яка базується насамперед на пріоритетах біологічного контролю, при використанні якої враховуються закономірності розвитку штучних екосистем або агроценозів, їх зв'язок з природними системами на рівні трофічних зв'язків.

Основним завданням системи інтегрованого захисту рослин, крім залучення широкого спектру природних корисних організмів, стало поліпшення їх ефективності біотехнологічними методами. Зокрема постало завдання принципово покращити патогенну здатність мікроорганізмів при формуванні біопестицидів, які застосовуватимуться проти шкідливих видів комах. Головна увага звертається на бактерії та віруси, оскільки їхня природа є краще дослідженою, ними легше маніпулювати, на противагу грибам, найпростішим, нематодам і членистоногим. В якості біопестицидів переважно використовувалась бактерія *Bacillus thuringiensis* (Bt). Сьогодні вона широко використовується в якості біопестицидних формувань для контролю личинок представників лускокрилих, жуків та мух – переносників різних хвороб. Дослідження спрямовувались на поліпшення вірулентності Bt бактерій за

допомогою комбінування генів з різними їх особливостями. Наукові пошуки також проводились в напрямі поліпшення вірулентності бактерій *Xenorhabdus* spp. [2].

Вірусні пестициди знайшли своє застосування на ринку послуг захисту лісових і польових культур від личинок лускокрилих. Біотехнологічні дослідження спрямовуються на модифікування певних вірусів генами для підвищення токсичності вірусів

Іншим біотехнологічним методом, на якому базується система інтегрованого захисту рослин, є вдосконалення механізму резистентності рослин шляхом застосування генної інженерії. Основою використання цього методу є результати наукових досліджень у сфері таких наук як загальна хімія, біохімія, нейрофізіологія, генетика, гена інженерія. Продуктом такого методу є «біораціональні матеріали», які є менш токсичними і небезпечними для людей і довкілля, ніж традиційні пестициди. Ці «матеріали» включають генетично модифіковані організми, яким властива значно вища стійкість до шкідників, рослин, корисних організмів з високим рівнем толерантності до пестицидів [2-6].

Розглянемо основні біотехнологічні підходи до підвищення резистентності рослин.

Генетики і селекціонери більшості країн досліджують біохімічну природу так званих «сигналів рослин» до патогенів та симптоми розвитку захворювання. Насамперед при виявленні таких генів вони ідентифікуються, а потім впроваджуються в геном цільових рослин для їх захисту від шкідливих організмів. Відомо, що кожна рослина має певний механізм захисту від шкідливих організмів. Цей механізм включає низку протеїнів та інших органічних сполук, які захищають рослини від патогенів як на початку інфекції, так і в процесі розвитку патогена на рослині. Не всі патогенні організми мають здатність вражати всі рослини навіть в межах одного виду і навіть сорту, і жодна рослина не є чутливою до таких патогенів як гриби, віруси, бактерії або нематоди. Технології рекомбінантних ДНК дають можливість підвищувати

природну реакцію рослин проти патогена, використовуючи одну домінуючу резистентність генів, які наявні, але не задіяні в геномі чутливих рослин, або добираючи гени рослин, які підсилюють чи приводять в дію існуючий захисний механізм даних рослин. Те, що є корисним в системі взаємодії «рослина-патоген», може бути перенесене на інші рослини, тим самим підсилюючи здатність рослин-реципієнтів захищатись від попередньо неконтрольованих патогенів. Крім цього, біотехнологічні методи дають можливість пошуку або пояснення молекулярної взаємодії між рослинами та патогенами. Розуміння молекулярних основ взаємодії між рослинами і патогенами збільшує здатність «розгортати» генну резистентність майже кожної рослини.

Характерні реагування рослин постійно знаходяться в полі зору селекціонерів і генетиків та використовуються для покращення резистентності рослин. Особливо велика увага приділяється науковцями при прояві рослинами гіперчутливості “hypersensitive response (HR)” і системно набутої резистентності “systemic acquired response (SAR)”. Феномен такого реагування механізму резистентності складний, і знання щодо такого механізму резистентності ще не є повністю зрозумілими, а тому ця сфера досліджень дає величезні перспективні можливості для формування механізму стійкості рослин. Ідеальним з точки зору механізму захисту рослин цей біотехнологічно запрограмований або спроектований механізм повинен виявити реакцію рослини до проникнення інвазивного патогена у вигляді локалізованих мертвих клітин через гіперчутливу реакцію за допомогою трансформації їх відповідною резистентністю рослинного гена. Більше того, така ж рослина може бути модифікована таким чином, що реакція SAR може проявлятися навіть при відсутності патогена. На думку Gustavo A. Fermin-Munoz [7], потенційно рослину можливо змодельовати так, щоб змінити попередню сумісну реакцію рослини з патогеном (previously compatible reaction with a pathogen), тобто у стані хвороби (disease) до несумісної реакції до HR (localized cell death, no disease). Такий підхід міг би забезпечувати трансгенну рослину першим рівнем

контролю патогена. Точка другого інфекційного контролю могла б забезпечувати рослину за допомогою набутого резистентного стану, який би вже функціонував перед тим, як буде фізично присутній патоген. На сьогодні ще неможливо застосувати такий складний підхід для забезпечення системного механізму резистентності, спрацьовують лише окремі компоненти цієї системи з різними рівнями ефективності.

PR- протеїни (pathogenesis related proteins) - це група різних за хімічною будовою протеїнів, кумулятивний процес яких запускається попаданням патогена або абіотичним стресом. Деякою мірою PR- протеїни складають точку, де перетинаються зв'язки реагування, спричинені різними збудниками, такими як саліцилова кислота, жасминова кислота, системін, або етилен. PR- протеїни класифікуються за 12-ма групами або родинами. Деякі з них проявляють антигрибну активність. Функції більшості PR-протеїнів залишаються загадковими, проте деякі з них відомі як β -1,3-глюканази (PR-2), хітинази (PR-3) або пермеаблизери грибних мембран (PR-5) [8]. Теоретично суттєва експресія PR-протеїнів поодинокі чи комбіновано може спричинити пригнічення чутливості до певних специфічних груп патогенів [9].

Застосування різних біотехнологічних методів для створення механізму резистентності рослин пов'язане з використанням різних хімічних сполук, які можуть входити до складу комплексу механізму резистентності рослини. Фітоалексини мають антигрибні та антимікробні властивості і синтезуються рослиною при її пошкодженні цими організмами. Утворення активних кисневих аніонів, гідроксильних радикалів і гідрогенпероксиду, H_2O_2 спостерігається під час взаємодії рослин і патогенів і є також складовими механізму захисту рослин. Біотехнологічними методами вдається модифікувати окремі види рослин, які постійно здатні продукувати активні види кисню. Наприклад, пошкоджений ген калмодуліна, або малоактивні каталази в трансгенних рослинах тютюну сприяли накопиченню H_2O_2 і активній експресії PR протеїназ [6]. При модифікуванні рослин фітогемалюктиніновими генами вдається запобігати заселенню рослин патогенними нематодами.

Резистентні гени Pto, Cf-9 використовували в якості трансгенів для того, щоб підтвердити резистентність на інших рослинах [4-6]. Якщо коротко продемонструвати на прикладі, то ген, який підтвердив резистентність до певних патогенів на рослині А, виявлений, клонований і перенесений на рослину В. Рослина В є реципієнтом генотипу, на основі того, що новий ген, набутий завдяки трансформації, стає по своїй суті резистентним до того ж патогену рослини А. Проте в деяких випадках ген, який виділений з оригінального генетичного джерела, не може підтвердити свою резистентність на рослині В. Однак, вже є окремі методи «підживлення» їх сили та спроможності реагувати на патоген на молекулярному рівні [8].

На думку G.A. Fermin-Munoz, B. Meng, K. Ko, S. Mazumdar-Leighton, A. Gubba та J.E. Carroll, існує декілька перспективних методів генної інженерії а саме:

- підвищення резистентності рослин методом генної інженерії за допомогою генів - патогенів рослин. Вірусні трансгени можуть захищати рослини від вірусної інфекції, від якої походить трансген. Генна інженерія рослин для вірусної резистентності є новітнім засобом боротьби з вірусними захворюваннями;

- використання пептидів і протеїнів, які мають антимікробні властивості і синтезуються рослинами та можуть підсилювати резистентність рослин проти грибних і бактеріальних патогенів;

- використання так званих рослинних тіл (plantibodies). За допомогою генної інженерії рослини зможуть продукувати антитіла, функція яких подібна до імунної системи тварин, і створювати тим самим резистентність рослин.

Біотехнологія у сфері захисту рослин має неоднозначне сприйняття на державному рівні та в суспільному середовищі. Її використання в окремих країнах регламентується певними регулятивними документами. Так, у Сполучених Штатах Америки прийняті правила, дотримання яких контролюються Агентством захисту довкілля США (EPA's Regulation of Biotechnology for Use in Pest Management). У цих правилах дані сучасні

визначення понятійного апарату в галузі біотехнології і зокрема біотехнології в системі захисту рослин. З'ясована дефініція протекторів у модифікованих рослинах (Plant-Incorporated Protectants): рослини або інші організми, які містять природні протеїни або інші хімічні сполуки, які є природним механізмом захисту від шкідливих організмів. Під генетично модифікованими мікробними пестицидами (Genetically Modified Microbial Pesticides) розуміють бактерії, гриби, віруси, найпростіші або водорості, ДНК яких синтезує сполуки, які мають пестицидні властивості. Дано тлумачення гербіцид-толерантних культурних рослин (Herbicide-Tolerant Crops): ці рослини мають нові гени, які надають можливість бути толерантними до певних гербіцидів. За цими правилами визначено основні принципи біотехнологічної програми, партнери і агентства країни, які відповідають за дотримання регуляторних правил із створення модифікованих організмів, тестові вимоги та оцінку ризиків щодо стану довкілля та здоров'я людей.

ВИСНОВКИ

Перспективи розвитку біотехнології захисту рослин тісно пов'язані з інтегрованою системою захисту рослин. Біотехнологічні інновації, які спрямовані на вдосконалення механізму резистентності рослин, покращення ефективності та життєспроможності корисних організмів в системі біологічного контролю. Крім цього, біотехнологія має значний потенціал щодо поліпшення систем моніторингу та діагностики потенційних проблем зі шкідливими організмами, пошуку генетичних ресурсів рослин і шкідливих організмів, що є безумовно одним із напрямів екологізації сільськогосподарського виробництва на засадах сталого розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Agricultural Sustainability. – Режим доступу: <http://dfid-agriculture-consultation.nri.org/summaries/wp12.pdf>

2. Waage J. What Does Biotechnology Bring to Integrated Pest Management? / J. Waage // *Biotechnology and Development Monitor* Monitor. – 1997. – No. 32. – P. 1-4.
3. Biotechnology: A new era for plant pathology and plant protection/ [G.A.Fermin-Munoz, B.Meng, K.Ko and others] // *APSnet Features*. – 2000. – Режим доступа: <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/Biotechnology.aspx>
4. Sharma Hari C. *Biotechnological Approaches for Pest Management and Ecological Sustainability* / Hari C. Sharma. – Andhra Pradesh, India: Taylor & Francis, 2008. – 546 p.
5. Bent A.F. Applications of molecular biology to plant disease and insect resistance / A.F. Bent, I.-C. Yu // *Advances in Agronomy*. – 1999. – № 66. – P. 251-298.
6. Antimicrobial peptides from plants / [Broekaert W.F., Cammue B.R.A., De Bolle M.F.C. and others] // *Crit. Rev. Plant Sci*. – 1997. – N 16. – P. 297-323.
7. Transgenic plants with enhanced resistance to the fungal pathogen *Rhizoctonia solani* / [Broglie K, Chet I., Holliday M. and others] // *Science*. – 1999. – Vol. 254. – N 5035. – P. 1194-1197.
8. Plant-derived enzyme inhibitors and lectins for resistance against plant-parasitic nematodes in transgenic crops / [Burrows P.R., Barker A.D.P., Newell C.A., Hamilton W.D.O.] // *Pesticide Science*. – 1998. – Vol. 52. – Issue 2. – P. 176-183.
9. Cao H. Generation of broad-spectrum disease resistance by overexpression of an essential regulatory gene in systemic acquired resistance. / H. Cao, X. Li., X. Dong // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1998. – Vol. 95. – P. 6531-6536.
10. Defense activation and enhanced pathogen tolerance induced by H202 in transgenic tobacco / [Chamnongpol S., Willekens H., Moeder W. and others] // *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. – 1998. – Vol. 95. – P. 5818-5823.
12. The tomato Cf-9 disease resistance gene functions in tobacco and potato to confer responsiveness to the fungal avirulence gene product Avr9 /

[Hammond K.K.E., Tang S., Harrison K., Jones J.D.] // *Plant Cell*. – 1998. – Vol. 10. – P. 1251-1266.

11. Disease resistance results from foreign phytoalexin expression in a novel plant / [Hain R., Reif H.J., Krausse E. and others] // *Nature*. – 1993. – Vol. 361. – P. 153-156.

13. Honee G. Engineered resistance against fungal plant pathogens / G. Honne // *Eur. J. Plant Path.* – 1999. – Vol. 105. – P. 319-326.

14. Synergistic activity of chitinases and B-1,3-glucanases enhances fungal resistance in transgenic tomato plants / [Jongedick E., Tigelaar H., Van Roekel J.S.C. and others] // *Euphytica*. – 1995. – No 85. – P. 173-180.

15. Keen N.T. Plant disease resistance: progress in basic understanding and practical application / N.T. Keen // *Advances in Botanical Research*. – 1999. – N 30. – P. 292-328.

16. Osmotin overexpression in potato delays development of disease symptoms / [Liu D., Raghothama K.G., Hasegawa P.M., Bressan R.A.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1994. – N 91. – P. 1888-1892.

17. Oh S.K. Transgenic tobacco plants expressing a mutant VU-4 calmodulin have altered nicotinamide coenzyme levels and hydrogen peroxide levels / Oh S.K., Park Y.S., Yang M.S. // *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*. – 1999. – N 32. – P. 1-5.

18. Rommens C.M. Exploiting the full potential of disease-resistance genes for agricultural use / Rommens C.M., Kishmore G.M. // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2000. – N 11. – P. 120-125.

19. Inhibition of fungal disease development in plants by engineering controlled cell death / [Strittmatter G., Janssens J., Opsomer C., Botterman J.] // *Bio/Technology*. – 1995. – N 13. – P. 1085-1088.

20. Transgenic cucumber plants harboring a rice chitinase gene exhibit enhanced resistance to gray mold (*Botrytis cinerea*) / [Tabei Y., Kitade S., Nishizawa Y. and others] // *Plant Cell Reports*. – 1998. – N 17. P. 159-164.

21. Overexpression of Pto activates defense responses and confers broad resistance / [Tang X., Xie M., Kim Y.J. and others] // Plant Cell. – 1999. – N 11. – P. 15-29.

22. The N gene of tobacco confers resistance to tobacco mosaic virus in transgenic tomato / Whitham S., McCormic S., Baker B. // Proc Natl. Acad. Sci. USA. – 1996. – N 93. – P. 8776-8781.

23. Activation of host defense mechanisms by elevated production of H₂O₂ in transgenic plants / [Wu G.S., Shortt B.J., Lawrence E.B. and others] // Plant Physiol. – 1997. – N 115. – P. 427-435.

Использование основополагающих принципов концепции устойчивого развития в биотехнологии защиты растений

М. Н. Барановский

Национальный авиационный университет, г. Киев

В статье проанализировано значение биотехнологии для обоснования и использования концептуальных принципов системы защиты растений на основе стабильного развития. Определены перспективы развития биотехнологии для интегрированной системы защиты растений.

Ключевые слова: *биотехнология, устойчивое развитие, защита растений, резистентность.*

Basic principles use of sustainable conception in plant protection biotechnology

M. Baranovsky

National aviation university, Kiev

In this paper meaning of biotechnology for substantiation and utilization of conceptual principles of IPM on the base of sustainable development is analyzed. Perspectives of biotechnological development for IPM are defined.

Key words: *biotechnology, sustainability, crops protection, resistance.*