



## Uwagi na temat aktualnych kierunków rozwoju biotechnologii roślin uprawnych

*Andrzej B. Legocki*

Instytut Chemii Bioorganicznej PAN  
Poznań

Biotechnologia roślin jest dobrym przykładem współczesnego obszaru nauki, w którym zacierają się granice pomiędzy dziedzinami podstawowymi i stosowanymi. Wynika to stąd, że szereg zdobyczy nauk wywodzących się z biologii molekularnej doczekało się bezpośrednich zastosowań w rolnictwie i gospodarce żywnościowej, zaś wiele innych ma potencjalne znaczenie aplikacyjne.

Problemy produktywności roślin uprawnych oraz globalny poziom pierwotnej produkcji roślinnej, która w 90% zaspokaja potrzeby wyżywienia ludzkości, należy zawsze odnosić do sytuacji demograficznej w poszczególnych regionach świata oraz do występujących tam często i zaostrzających się zagrożeń ekologicznych. Od początków systematycznej uprawy rolnej nastąpił ok. 250-krotny przyrost populacji ludzkiej. Przyrost ludności jest geograficznie bardzo nierównomierny i w przeważającej większości odnosi się do krajów mniej lub słabo rozwiniętych — głównie państw strefy równikowej.

Światowe raporty wskazują, że już teraz corocznie umiera z głodu prawie 10 milionów ludzi, a w końcu stulecia licz-



wzrośnie do 3,1 miliarda, co stanowić będzie połowę całej populacji. Deficyt produkcji zbóż około roku 2000 szacuje się na 70 – 130 mln ton, co odpowiada całemu plonowi zbóż Wspólnoty Europejskiej od roku 1982.

Połączenie osiągnięć agrochemii — wprowadzenie na szeroką skalę nawozów chemicznych i środków ochrony, rozpowszechnienie wartościowych odmian, zmniejszenie strat przy zbiorze i transporcie plonów na przestrzeni wielu lat doprowadziło do znacznego wzrostu plonowania. Dla przykładu — zbiory ziarna pszenicy ozimej wynoszą dzisiaj w Europie Zachodniej ponad 60 q z hektara, co oznacza 6-krotny wzrost plonowania na przestrzeni ostatnich 100 lat. W tym samym czasie zawartość sacharozy w burakach cukrowych wzrosła z 6% do 18%, zawartość tłuszczu w niełupkach słonecznika (olej słonecznikowy zajmuje drugie miejsce po oleju sojowym) wzrosła z 28% do prawie 60%. Te przykłady osiągnięć uprawy tradycyjnej, oraz opartej na selekcji i krzyżowaniu hodowli roślin można mnożyć. Jednakże nawet tak znaczny wzrost produktywności i wydajności plonowania nie oddalił widma głodu na Ziemi. Inną sprawą jest, że racjonalnemu dzieleniu żywności nie sprzyjają uwarunkowania społeczne i polityczne. Widmo głodu pozostaje nadal zagrożeniem dla wielu regionów, głównie krajów rozwijających się, mimo niewątpliwych osiągnięć zielonej rewolucji — okresie, który od początku lat sześćdziesiątych wyróżnił się szczególnie dużym wzrostem produktywności rolnictwa w oparciu o tradycyjne metody uprawy i hodowli.

Wzrost produktywności będący m.in. wynikiem rozwinięcia na szeroką skalę agrochemii okupiony został w wielu krajach wysoką ceną, co ukazało, że utrzymanie tego kierunku intensyfikacji upraw rolnych może mieć katastrofalne następstwa w przyszłości.

Do negatywnych konsekwencji intensyfikacji produkcji roślinnej w skali globalnej w latach 1965 – 1990 zaliczyć należy:

- naruszenie ekosystemów, zmiany klimatu i zasobów wodnych (wskutek rozwoju monokultur i ingerencji agrochemii),
- zanieczyszczenie środowiska: powietrza, gleby i wód (w wyniku intensyfikacji nawożenia chemicznego i chemicznej ochrony roślin),
- zmniejszenie genetycznej puli cech użytkowych i żywieniowych jako konsekwencji wyginięcia wielu gatunków zwierząt i roślin. Z 3000 gatunków roślin obecnie jest w uprawie przeciętnie 30, z których zaledwie 12 dostarcza 90% całej puli produktów żywnościowych,
- niekorzystne zmiany w oporności uprawianych gatunków roślin na plagi patogenów i szkodników.

Na tle wymienionych zagrożeń ogromnie wzrosło w ostatnich latach znaczenie biotechnologii opartych o nowe zdobycze nauk podstawowych, głównie technologię rekombinowania i przenoszenia materiału genetycznego. Rolę nowych biotechnologii dla zwiększenia i polepszenia pierwotnej produkcji roślinnej można syntetycznie podsumować w następujący sposób:

1. Wyprowadzenie z wykorzystaniem transformacji obcym materiałem genetycznym nowych linii roślin użytkowych opornych na herbicydy i owady. Zwiększenie tą samą drogą wartości żywieniowych i technologicznych roślin.



2. Wprowadzenie do genomu roślin uprawnych genów zwiększających ich tolerancję na stres i niekorzystne warunki środowiska, np. zasolenie, niskie temperatury, niefizjologiczny odczyn gleby, wysokie stężenie jonów metali itp.

3. Obniżenie energochłonności produkcji roślinnej poprzez:

- zwiększenie wydajności fotosyntezy,
- rozszerzenie biologicznego wiązania azotu i tym samym zmniejszenie zależności plonowania od nawożenia chemicznego,
- wzrost efektywności pobierania składników mineralnych przez rośliny uprawne.

Ważnym kierunkiem badań podstawowych jest modyfikowanie zasobów genowych roślin drogą genetyki niemendlowskiej. Niektóre podejścia metodyczne mają potencjalnie duże znaczenie dla określonych gatunków roślin uprawnych:

1. Wprowadzenie do genomu rośliny genu (genów) kodującego określoną cechę poprzez:

- transformację bezpośrednią, elektroporację, mikrowstrzeliwanie i mikroiniekcje,
- wektory agrobakterii (*A. tumefaciens*, *A. rhizogenes*),
- wektory wirusowe.

W tym miejscu należy jednak zaznaczyć, że większość przeprowadzonych dotąd transformacji dotyczy roślin dwuliściennych, podczas gdy ekonomicznie najważniejsze są rośliny jednoliścienne — trawiaste (*Gramineae*).

2. Manipulacje fragmentami mobilnymi chromosomu (transpozony).

3. Hodowla komórek somatycznych i pokonanie bariery niekrzyżowalności.

4. Wprowadzanie do komórek roślinnych (transplantacja) organelli komórkowych (transfery liposomowe).

5. Ukierunkowane oddziaływania dla zwiększenia stężenia (amplifikacji) produktu ekspresji określonego genu.

Na użyteczność praktyczną nowych biotechnologii przekonywających przykładów dostarczyły udane próby wprowadzenia do roślin uprawnych cech oporności na herbicydy. Kontrola i zwalczanie chwastów metodami tradycyjnymi są jak wiadomo bardzo pracochłonne, a także wymagają znacznych nakładów energii. Z pomocą przyszła tutaj inżynieria genetyczna roślin. Zidentyfikowane zostały pojedyncze geny oporności na dany herbicyd, które można było wprowadzić dzięki technologii rekombinowania DNA do genomu rośliny. Stosowane były dwa zasadnicze podejścia wprowadzania genów oporności na herbicydy: a) modyfikacja genu dla białka „docelowego” (*target protein*) w genomie rośliny, czy też ewentualnie wprowadzanie dodatkowych kopii tego genu lub b) wprowadzenie do genomu rośliny genu kodującego białko degradujące herbicyd zanim ten zacznie działać (białka detoksyfikujące). Przykładów naturalnych biodegradacji dostarczają takie enzymy jak: nitrylaza z *Klebsiella azaenae* dla herbicydu Buctril, acetylotransferaza z *Streptomyces hydroscopicus* dla herbicydu Basta, czy monoooksygenaza z *Alcaligenes eutrophus* dla 2,4-D. Obecnie dostępnych jest już handlowo szereg linii roślin uprawnych, które posiadają



wprowadzone do genomu cechy oporności na określony herbicyd. Inną kwestią, której jednak nie będziemy tutaj omawiać, jest problem dopuszczenia przez agencje ochrony środowiska w poszczególnych krajach zmodyfikowanych linii roślin uprawnych do upraw polowych na skalę produkcyjną.

Dobrym przykładem możliwości nowych biotechnologii jest wprowadzanie linii roślin uprawnych opornych na porażenie wirusami. Wykorzystywane są do tego celu występujące w przyrodzie naturalne geny oporności, których ekspresja może prowadzić do ograniczania procesu namnażania wirusów poprzez: blokowanie dojrzewania białek wirusowych, blokowanie replikacji wirusowych RNA, ograniczanie przenoszenia wirusa do komórek sąsiednich lub poprzez indukcję obronnej nadwrażliwości rośliny na infekcję (*hipersensitive virus response*). Możliwe jest także wykorzystanie dla tych samych celów genów „sztucznych”, będących wynikiem konstrukcji i manipulacji genetycznych. Można tutaj wymienić wprowadzenie do genomu rośliny genów dla białek płaszcza wirusów, zmniejszanie podatności roślin na infekcję poprzez zakażenie satelitarnym RNA, wprowadzanie do genomu rośliny fragmentów wirusowego RNA w orientacji antysens, czy wreszcie wykorzystanie struktur rybozymów — łańcuchów RNA o właściwościach autohydrolitycznych. W tym miejscu należy jeszcze wspomnieć o potencjalnym znaczeniu protekcji krzyżowej na porażenie wirusami o dużej szkodliwości.

Naturalnym zjawiskiem o potencjalnie dużym znaczeniu aplikacyjnym jest zwiększenie biologicznego wiązania azotu. Lepsze wykorzystanie tego zjawiska może wydatnie poprawić bilans energetyczny rolnictwa. Szacuje się, że rośliny przyswajają w skali globalnej ok. 180 mln ton czystego azotu, podczas gdy przemysł chemiczny wytwarza w postaci nawozów jedynie 60 mln ton  $N_2$ . Problem ten jednak okazał się poznawczo bardzo złożony. Obecnie wiadomo, że w biologicznym wiązaniu azotu uczestniczy kilka wielogenowych zespołów zarówno roślinnego jak i bakteryjnego pochodzenia. Perspektywy aplikacyjne wiążą się tutaj z wykorzystaniem transferów genowych do roślin motylkowatych i bakterii azotowych symbiotycznych i asocjacyjnych. Z ważniejszych i aktualnych kierunków w tej dziedzinie wymienić należy:

- zwiększenie wiązania azotu przez mikroorganizmy wolnożyjące,
- rozszerzenie zakresu powinowactwa roślin motylkowatych do bakterii symbiotycznych dla zwiększenia efektywności tego procesu,
- podwyższenie wydajności przyswajania azotu w układach asocjacyjnych, w których uczestniczą rośliny jednoliścienne,
- wyprowadzenie linii roślin uprawnych niemotylkowatych mających zdolność do konstytutywnego wiązania  $N_2$ .

W przeglądzie tym wymieniono jedynie ważne, ale z pewnością tylko niektóre przykłady nowych kierunków biotechnologii roślin użytkowych. Należałoby tu jeszcze wspomnieć o wprowadzeniu do roślin cech oporności na owady (gen *b $t$*  z *Bacillus thuringiensis*) czy o próbach wykorzystania komórek roślinnych i roślin transgenicznych dla produkcji przeciwciał monoklonalnych.

Osobnym i obszernym działem nowych biotechnologii jest wykorzystywanie sond molekularnych i rozmaitych testów diagnostycznych dla rolnictwa i te-

chnologii żywności. Korzyści z upowszechnienia tych zastosowań wydają się oczywiste. Mogą one wydatnie przyczynić się do poprawy racjonalnego zagospodarowania surowców żywnościowych, lepszego wykorzystania aktualnego potencjału przemysłu żywnościowego, a także zmniejszenia strat i zachowania wartości żywieniowych produktów rolnych i przetworów.

Wszystkie te czynniki mogą korzystnie wpłynąć na poprawę ogólnego poziomu i jakości produkcji żywności — zwłaszcza w takim kraju jak Polska, w którym od wielu pokoleń problemy rolnictwa zajmują czołowe miejsce we wszystkich prognozach gospodarczych, dzięki zakorzenionej tradycji, a także naturalnym możliwościom naszego obszaru geograficznego.

## **Current trends of plant biotechnology**

### Summary

Recent discoveries in plant molecular biology have made possible the development of beneficial technologies of practical significance. Such trends are outlined in this article.

### **Key words:**

biotechnology, plant.

### *Adres dla korespondencji:*

Andrzej B. Legocki, Instytut Chemii Bioorganicznej PAN, ul. Noskowskiego 12/14, 61-704 Poznań.