

Wykorzystanie organizmów zawierających obcą informację genetyczną w biotechnologii

Jerzy Długoński

Zakład Mikrobiologii Przemysłowej
Instytut Mikrobiologii i Immunologii
Uniwersytet Łódzki

Biotekhnologia jest nauką stosowaną, utożsamianą do niedawna głównie z procesami mikrobiologicznymi wykorzystywanymi w przemyśle, np. z fermentacją etanolową, biosyntezą antybiotyków czy biokonwersją związków organicznych. Dynamiczny rozwój inżynierii genetycznej pozwalającej na wprowadzenie wyselekcjonowanych genów do wybranych organizmów, które nabywają dzięki temu nowe cechy, spowodował znaczne rozszerzenie zakresu biotechnologii. Obecnie, zgodnie z definicją podaną przez Europejską Federację Biotechnologii, „biotechnologia jest dziedziną integrującą nauki przyrodnicze i inżynieryjne w celu wykorzystania organizmów, komórek, ich składników oraz analogów molekularnych w produkcji i usługach”.

Nowe możliwości biotechnologii spowodowały jej gwałtowny rozwój w ostatnich latach. W 1992 r. Burrill i Roberts (1) przedstawili analizę szeregu czynników mających wpływ na rozwój tej dziedziny nauki, w tym nakładów finansowych i wykorzystanie osiągnięć biotechnologii w praktyce, mierzone liczbą dużych firm stosujących procesy biotechnologiczne w swoich zakładach. Największe nakłady na badania naukowe z zakresu biotechnologii przeznaczane są w USA, następnie w Japonii i krajach Europy Zachodniej (tab. 1). Ze względu na dużo niższy poziom gospodarki, a tym samym mniejsze możliwości finansowania nauki, trudno o porównywanie Polski (2) z tymi krajami. Jednakże przedstawione zestawienie (tab. 1) daje pewien przybliżony obraz sytuacji w tej dziedzinie w okresie zmian systemu gospodarczego w naszym kraju, a także dystansu jaki nas dzieli np. do Hiszpanii — kraju porównywalnego z nami nie tylko pod względem liczby ludności, ale również państwa, które zdołało przystosować swoją gospodarkę do zasad obowiązujących w EWG [obecnie Unii Europejskiej, UE].

W Stanach Zjednoczonych Ameryki Pn. rozwojem biotechnologii zainteresowany jest najbardziej Departament Zdrowia i Opieki Społecznej (3). Odzwierciedleniem tego jest wysokość łożonych nakładów finansowych na badania naukowe (tab. 2). Podobnie wygląda sytuacja, jeśli chodzi o specjalizację firm związanych z biotechnologią. Najwięcej specjalizuje się w produkcji le-

karstw i testów diagnostycznych, następne miejsce zajmują firmy produkujące na rzecz rolnictwa (4). Znaczny udział w zyskach tych firm stanowią produkty wytwarzane przez organizmy zawierające obcą informację genetyczną. Przewidywany do 2000 r. kilkunastokrotny wzrost wartości produktów biotechnologicznych będzie w znacznej mierze związany z wykorzystaniem organizmów modyfikowanych genetycznie (5). Dlatego też w dalszej części artykułu uwaga skupiona będzie głównie na osiągnięciach w tym obszarze biotechnologii.

TABELA 1

FINANSOWANIE BADAŃ NAUKOWYCH Z ZAKRESU BIOTECHNOLOGII I LICZBA DUŻYCH FIRM WYKORZYSTUJĄCYCH PROCESY BIOTECHNOLOGICZNE W WYBRANYCH KRAJACH (1, 2)

Kraj	Liczba ludności w mln	Nakłady na badania podstawowe i rozwojowe z dziedziny biotechnologii (w mln \$)	Liczba koncernów lub dużych firm przemysłowych
USA	249	3759 (1992)	1100
Japonia	124	770 (1992)	300
W. Brytania	58	250 (1991)	410
Francja	57	215 (1991)	100
Niemcy	79	200 (1991)	250
Australia	18	95 (rocznie)	65
Hiszpania	39	67 (rocznie)	20
Polska	38	10* (1990)	2**
Węgry	10	brak danych	9

* Według *Rocznika statystycznego* (2) nakłady na biotechnologię w ramach centralnych programów badań podstawowych i zamówień rządowych wynosiły 92 mld zł, co zgodnie z wówczas obowiązującym kursem walut odpowiadało 10 mln \$.

** Autorzy opracowania z którego zaczerpnięto te dane (1) nie podają nazw obu firm; mogą to być zakłady przemysłu farmaceutycznego.

Produkty wytwarzane przez organizmy zawierające zrekombinowany DNA, wykorzystywane w ochronie zdrowia i będące już na rynku (6, 7), przedstawiono w tab. 3. Z wymienionych preparatów biotechnologicznych, na szczególną uwagę, ze względu na możliwość szerokiego stosowania, zasługują tzw. genetyczne szczepionki wirusowe. Do połowy lat osiemdziesiątych w uodparnianiu czynnym przeciwko chorobom wirusowym stosowano jedynie szczepionki w postaci inaktywowanych lub atenuowanych wirusów tzn. wirusów zabitych czynnikami fizycznymi lub chemicznymi, względnie wirusów żywych, ale o osłabionej żywotności. Wirusy te utraciły swoje właściwości chorobotwórcze, ale zachowały antygenowe, stymulujące organizm do wytworzenia swoistej odporności. Natomiast przy produkcji genetycznych szczepionek wirusowych wykorzystuje się drobnoustroje, do których metodami inżynierii genetycznej wprowadzono informację umożliwiającą syntezę antygenów białko-

wych znajdujących się na powierzchni cząstki wirusa. Wyodrębnione z komórek drobnoustrojów, a następnie oczyszczone białka wirusowe są używane jako szczepionki indukujące powstawanie odporności (8). Przy stosowaniu szczepionek genetycznych, w przeciwieństwie do szczepionek tradycyjnych, nie ma możliwości uaktywnienia się wirusa, nie ma groźby zakażenia innymi wirusami, jak również przeniesienia informacji nowotworowej z komórek, na których namnażany był wirus, do organizmu osoby uodpornianej. Uproszczeniu ulegają również kosztowne i czasochłonne badania kontrolne zarówno na etapie produkcji, jak i dotyczące bezpieczeństwa użycia gotowych szczepionek wirusowych. Stroną ujemną użycia tego typu szczepionek jest po pierwsze możliwość zubożenia epitopów immunologicznych i po drugie, obecność składników komórek drobnoustrojów, które mogą mieć niekorzystny wpływ na organizm osoby szczepionej (9).

TABELA 2

NAKŁADY PONOSZONE NA BADANIA NAUKOWE Z ZAKRESU BIOTECHNOLOGII W BUDŻECIE USA W MLN \$ (3)

Agencja	Lata		
	1991	1992	1993
Agencja Współpracy Międzynarodowej	19,0	21,5	30,7
Departament Zdrowia i Opieki Społecznej	2662,7	2963,0	3125,0
Departament Handlu	12,7	13,0	13,0
Departament Obrony	79,6	81,0	86,6
Departament Energii	152,7	181,9	242,7
Departament Spraw Wewnętrznych	5,9	5,2	5,0
Departament Sprawiedliwości	1,8	2,2	2,3
Departament Spraw Weteranów	80,6	85,6	88,4
Departament Rolnictwa	161,6	179,4	167,7
Agencja Ochrony Środowiska	14,3	15,9	18,3
NASA	26,5	36,6	44,7
Narodowa Fundacja Nauki	162,0	174,0	206,0
Razem	3379,4	3759,3	4030,4

Spośród przedstawionych w tab. 4 produktów otrzymywanych dzięki wykorzystaniu inżynierii genetycznej, będących na etapie prób klinicznych (10, 11), szczególne zainteresowanie budzą zamienniki krwi. Przyczyną tego jest zagrożenie zakażeniami wirusowymi, zwłaszcza wirusami HIV (AIDS) czy też zapalenia wątroby (wzw) (12). Od chwili zakażenia do pojawienia się przeciwciał we krwi, co stanowi podstawę rozpoznania AIDS czy wzw metodami laboratoryjnymi, może minąć nawet kilka miesięcy (13, 14). Nie bez znaczenia jest także stosunkowo krótki dopuszczalny okres przechowywania krwi, występowanie różnych grup i podgrup, jak również ograniczona liczba daw-

ców (11). Na drodze inżynierii genetycznej uzyskano już szczepy *Escherichia coli* (15, 16) i *Saccharomyces cerevisiae* (17) zdolne do syntezy ludzkiej hemoglobiny. Występują jednak czynniki ograniczające wykorzystanie wolnej hemoglobiny na większą skalę, są to przede wszystkim nakłady ponoszone w trakcie produkcji, które powinny być niższe, niż koszt uzyskania hemoglobiny z krwi ludzkiej. Ocenia się, że hemoglobina uzyskana za pomocą drobnoustrojów będzie konkurencyjna w stosunku do hemoglobiny izolowanej z krwi ludzkiej jeżeli produkowana będzie w dużej skali, przy kosztach rzędu około 1 \$ za 1 g (11).

TABELA 3

PRODUKTY MAJĄCE ZASTOSOWANIE W LECZNICTWIE (OBECNE NA RYNKU) WYTWORZONE PRZEZ ORGANIZMY ZAWIERAJĄCE ZREKOMBINOWANY DNA (6, 7)

Produkt	Zastosowanie	Rok wprowadzenia na rynek
insulina ludzka	cukrzyca	1982
ludzki hormon wzrostu	karłowatość	1985
interferon α	infekcje wirusowe, terapia przeciwnowotworowa	1985
przeciwciała anti-CD3 (anti-T-cell CD3)	transplantacja organów, choroby nowotworowe	1986
szczepionka przeciwko hepatitis B (HBsAg)	zapobieganie wirusowemu zapaleniu wątroby	1986
tkankowy aktywator plazminogenu (tPA)	rozpuszczanie zakrzepów krwi w zawałe mięśnia sercowego	1987
erytropoetyna	leczenie anemii u pacjentów poddawanych dializie	1988
interferon γ	terapia przeciwnowotworowa, zapalenie stawów	1989
interleukina-2	choroby nowotworowe	1989
czynnik wzrostowy granulocytów (GM-CSF)	przeszczep szpiku kostnego	1991
przeciwciała przeciw endotoksynie	infekcje wywołane przez bakterie gramujemne	1992

Ważnym czynnikiem ograniczającym wykorzystanie wolnej hemoglobiny (zarówno zrekonstruowanej, jak i izolowanej z krwinek czerwonych) jest jej mała stabilność w krwioobiegu. Hemoglobina będąca poza erytrocytami wiąże również silnie tlen, co utrudnia oddawanie tego gazu mioglobinie w tkankach.

Stabilność wolnej hemoglobiny, jak i jej powinowactwo do tlenu można modyfikować na drodze chemicznej, np. poprzez wytworzenie wiązań między łańcuchami polipeptydowymi czy połączenie z dekstranem lub glikolem po-

lietylenowym (11). Użycie do produkcji ludzkiej hemoglobiny drobnoustrojów stwarza możliwość skonstruowania takich szczepów, które produkowałyby od razu zmodyfikowaną hemoglobinę o odpowiednim powinowactwie do tlenu, i nie ulegającą dysocjacji do dimerów w organizmie.

TABELA 4

PRZYKŁADY PRODUKTÓW BIAŁKOWYCH STOSOWANYCH W BADANIACH KLINICZNYCH WYTWORZONYCH PRZY UŻYCIU ORGANIZMÓW ZAWIERAJĄCYCH ZREKOMBINOWANY DNA (10, 11)

Produkt	Zastosowanie
antytrombina III	hamowanie krzepnięcia krwi
czynniki krzepnięcia krwi VIII i IX	hemofilia
epidermalny czynnik wzrostu	leczenie ran
ludzka gonadotropina	leczenie niepłodności
albumina surowicy ludzkiej	osoczozastępcze
ludzka hemoglobina	przenośnik tlenu
antygeny białkowe (wirusy herpes, wirusy grypy, HIV)	produkcja szczepionek
dysmutaza ponadtlenkowa	ataki serca
czynnik nekrotyzujący guzy	choroby nowotworowe

Interesujące są także badania nad wykorzystaniem zwierząt do produkcji ludzkiej hemoglobiny, prowadzone przez koncern DNX Inc. w USA (18). Geny odpowiedzialne za syntezę ludzkiej hemoglobiny wprowadzono na drodze mikroiniekcji do świeżo zapłodnionych komórek jajowych świni. Spośród 112 urodzonych świń tylko trzy posiadały w czerwonych krwinkach ludzką hemoglobinę. Zawartość hemoglobiny typu ludzkiego wynosiła 9, 5 i 1 %. Autorzy tych eksperymentów wskazują na duże podobieństwo ludzkiej i świńskiej hemoglobiny. Rozwój świń transgenicznych przebiegał podobnie jak u zwierząt posiadających tylko świńską hemoglobinę. Istotna jest również możliwość pobierania znacznych ilości krwi bez efektów ubocznych i prowadzenia hodowli na dużą skalę, co może w przyszłości mieć duże znaczenie przy wykorzystaniu świń transgenicznych do produkcji ludzkiej hemoglobiny.

Zwierzęta transgeniczne są już wykorzystywane do produkcji innych ludzkich białek. Przykładem mogą być transgeniczne owce, których mleko zawiera do 35 g/l ludzkiej α -1-antytrypsyny (19), czy transgeniczne kozy wytwarzające tkankowy aktywator plazminogenu, rzędu kilku gramów w jednym litrze mleka (20).

Drugą dziedziną, gdzie współczesna biotechnologia odgrywa znaczącą rolę jest rolnictwo, a zwłaszcza uprawa roślin. Spośród kilkuset uprawianych obecnie roślin około 30 ma istotne znaczenie dla wyżywienia ludzkości. Najważniejsze z nich to: trzcina cukrowa, ryż, pszenica, buraki cukrowe, ziemniaki, kukurydza, bawełna, soja, tytoń (21). Głównymi problemami stojącymi przed rolnictwem, w których rozwiązaniu biotechnologia może mieć istot-

ny udział, są: ochrona roślin przed owadami i chorobami zakaźnymi, oporność roślin na herbicydy oraz uzyskanie odmian dających większe plony (22).

Przy konstruowaniu nowych odmian roślin na drodze inżynierii genetycznej, jako nośnik informacji genetycznej wykorzystywany jest najczęściej plazmid Ti lub patogenne bakterie *Agrobacterium tumefaciens* zawierające ten plazmid. Drobnoustrój ten jest patogenem tylko roślin dwuliściennych i roślin nagozalążkowych. Rośliny jednoliścienne, do których należy wiele roślin uprawnych, nie są wrażliwe na *Agrobacterium*. Użycie samego plazmidu Ti jako nośnika jest kłopotliwe ze względu na duże trudności w otrzymaniu i regeneracji protoplastów roślin jednoliściennych. Pewne dodatkowe możliwości stworzyła metoda elektrotransformacji (23, 24). Wykorzystując ją uzyskano ostatnio odmianę ryżu oporną na wirusa mozaiki ryżu (*rice stripe virus*), przenoszonego przez owady (25). Do protoplastów roślinnych wprowadzono na drodze elektroporacji gen odpowiedzialny za syntezę białka okrywowego wirusa. Zawartość jego w komórkach rośliny wynosiła do 0,5 % całkowitej puli wolnych białek występujących w cytoplazmie. Obecność białek wirusowych w komórkach ryżu prowadziła prawdopodobnie do całkowitego zablokowania receptorów swoistych dla wirusów, wskutek czego nie mogły one wnikać do wnętrza komórki.

Zasadnicze znaczenie dla otrzymywania uprawnych roślin transgenicznych należących do traw, ma opracowana pod koniec lat osiemdziesiątych nowa technika transformacji genetycznej polegająca na bombardowaniu komórek, tkanek lub całych organizmów DNA zaadsorbowanym na mikronośnikach (26). Metoda ta pozwala na wprowadzenie DNA bezpośrednio do jąder, mitochondriów, bądź chloroplastów roślin, co bardzo korzystnie wpływa na wydajność transformacji genetycznej.

Przy użyciu tej właśnie metody uzyskano w ostatnich latach szereg nowych odmian roślin transgenicznych. Przykładem mogą być doniesienia o uzyskaniu odmian pszenicy (27), ryżu (21), owsa (28) opornych na jeden z najczęściej stosowanych środków chwastobójczych L-fosfonitrycynę. Herbicyd ten jest inaktywowany przez promieniowce *Streptomyces hydroscopicus* na drodze acetylacji. Gen *bar* odpowiedzialny za syntezę enzymu przeprowadzającego tę reakcję został wprowadzony na drodze bombardowania do komórek kalusa embriogenicznego. Uzyskane nowe odmiany ryżu zawierające gen *bar* odporne są nawet na bardzo wysokie stężenia tego herbicydu, co pozwala na niszczenie wielu chwastów w trakcie uprawy bez obniżenia plonów (21).

Metodą tą uzyskano również odmiany ryżu (21), kukurydzy (29) oraz świerka białego (30) zdolne do syntezy delta-endotoksyny *Bacillus thuringiensis*. Białko to działa bójczo na owady należące do *Lepidoptera*, *Diptera* i *Coleoptera*, wśród których jest wiele szkodników roślin uprawnych, nie jest natomiast szkodliwe dla ssaków (31, 32).

Nasuwa się pytanie, czy rośliny zawierające dodatkową, obcą informację genetyczną, wprowadzone do upraw polowych, nie będą przyczyną daleko idących zmian w ekosystemach. W ubiegłym roku ukazało się doniesienie o uzyskaniu odmiany tytoniu zawierającej oprócz genu kodującego syntezę

deltaendotoksyny, gen represyjny hamujący wytwarzanie tego białka (33). Od-blokowanie syntezy następuje dopiero po spryskaniu liści roztworem kwasu salicylowego. Daje to możliwość sterowania syntezą delta-endotoksyny, tak aby miała ona miejsce dopiero przed spodziewaną inwazją szkodników, co może ograniczyć ewentualny niekorzystny wpływ uprawy roślin transgenicznych na inne organizmy obecne w ekosystemie, jak również zmniejszyć niebezpieczeństwo pojawienia się owadów opornych na toksynę *B. thuringiensis*. Opisany układ, może również stanowić model kontroli zmniejszający potencjalne niebezpieczeństwo wynikające z wprowadzenia do środowiska organizmów poddanych manipulacjom genetycznym.

Przytoczone możliwości wykorzystania organizmów zawierających obcą informację genetyczną we współczesnej biotechnologii wskazują, że przy otrzymaniu i wykorzystaniu organizmów transgenicznych niezbędne jest posiadanie wiedzy nie tylko z zakresu inżynierii genetycznej, ale również znajomość fizjologii drobnoustrojów, fizjologii roślin czy zwierząt, immunologii, biochemii, ekologii i innych dziedzin biologii czy medycyny. Szkolenie biotechnologów — w tak szerokim zakresie wiedzy — jest praktycznie niemożliwe. Z drugiej strony, kształcenie studentów tylko w ramach poszczególnych dyscyplin biotechnologii nie daje w pełni zadowalających wyników. Absolwenci będąc dobrymi specjalistami, np. w obrębie inżynierii genetycznej, czy inżynierii procesowej mają słabo ugruntowane podstawy z zakresu fizjologii drobnoustrojów, czy immunologii i odwrotnie. Utrudnia to współpracę w zespołach badawczych, zajmujących się zarówno konstruowaniem organizmów transgenicznych, jak i ich optymalnym wykorzystaniem w skali przemysłowej, czy w uprawach polowych. Sytuacja ta stwarza konieczność opracowania nowych programów nauczania i metod kształcenia, które powinny zakładać zdobycie najpierw ugruntowanych ogólnych podstaw biotechnologii, a następnie specjalizację w różnych jej dyscyplinach, np. inżynierii genetycznej, fizjologii drobnoustrojów, inżynierii bioprocessowej, ekologii itp. Można przypuszczać, że absolwenci takich studiów (pięcioletnich lub podyplomowych) będą mogli łatwo współpracować i tworzyć interdyscyplinarne zespoły badawcze.

Realizacja takich programów kształcenia możliwa jest przede wszystkim w dużych ośrodkach naukowych, gdzie w procesie kształcenia wykorzystywana może być zarówno kadra dydaktyczna wyższych uczelni, jak i pracownicy naukowcy PAN, czy specjaliści z innych jednostek badawczych. Daje to również szansę skoncentrowania i lepszego wykorzystania skromnych, jak dotychczas, środków finansowych przeznaczonych na kształcenie studentów i prowadzenie badań w zakresie biotechnologii.

Literatura

1. Burrill G.S., Roberts W.J., (1992), *Bio/Technology*, 10, 647 – 653.
2. *Rocznik statystyczny*, (1991), 420, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
3. Fox J.L., (1992), *Bio/Technology*, 10, 230 – 234.
4. Dibner M., (1991), *Bio/Technology*, 9, 1334 – 1337.

5. Kathuri C., Polastro E.T., Mellor N., (1992), *Bio/Technology*, 10, 1545 – 1547.
6. Bienz-Tadmor B., (1993), *Bio/Technology*, 11, 168 – 172.
7. Fryklund L., Pühler A., Diderichsen B., (1992), *Biotech. Forum Europe*, 9, 144 – 145.
8. Peutherer J.F., (1992), *Medical Microbiology. A guide to microbial infections: pathogenesis, immunity, laboratory diagnosis and control*, Eds. Greenwood D., Slack R.C.B., Peutherer J.F., Churchill Livingstone, Edinburgh, London, 535 – 536.
9. Kańtoch M., Blašković D., (1991), *Wirusologia lekarska*, PZWL, Warszawa, 140 – 142.
10. Cruger W., Cruger A., (1990), *Biotechnology: a textbook of industrial microbiology*, Ed. Brock T.D., Science Tech. Publishers, 2nd ed. Madison, Wisconsin, 41 – 58.
11. Ogden J.E., (1992), *Trends Biotechnol.*, 10, 91 – 96.
12. Leikola J., (1993), *Rev., Med., Microbiol.*, 4, 32 – 39.
13. Klatt E.C., (1991), *Lab. Medica*, 8 (3), 11 – 13.
14. Masci J.R., (1989), *Lab. Medica*, 6 (2), 15 – 18.
15. Hoffman S.J., Looker D.L., Roehrich J.M., Cozart P.E., Durfee S.L., Tedesco J.L., Stetler G.L., (1990), *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 87, 8521 – 8525.
16. Nagai K., Perutz M.F., Poyart C., (1985), *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 82, 7225 – 7255.
17. Wagenbach M., O'Rourke K., Vitez L., Wieczorek A., Hoffman S., Durfee S., Tedesco J., Stetler G., (1991), *Bio/Technology*, 9, 57 – 61.
18. Swanson M.E., Martin M.J., O'Donnell J.K., Hoover K., Lago W., Huntress V., Parsons C.T., Pinkert C.A., Pilder S., Logan J.S., (1992), *Bio/Technology*, 10, 557 – 559.
19. Wright G., Carver A., Cottom D., Reeves D., Scott A., Simons P., Wilmut I., Garner I., Colman A., (1991), *Bio/Technology*, 9, 830 – 834.
20. Denman I., Hayes M., O'Day C., Edmunds T., Bartlett C., Hirani S., Ebert K., Gordon K., McPherson J.M., (1991), *Bio/Technology*, 9, 839 – 834.
21. Christou P., Ford T., Kofron M., (1992), *Trends Biotechnol.*, 10, 239 – 246.
22. Fraley R., (1992), *Bio/Technology*, 10, 40 – 43.
23. Saunders J.A., Bates G.W., (1992), *Guide to electroportation and electrofusion*, Eds. Chang D.C., Chassy B.M., Saunders J.A., Sowers A.E., New York, London, 471 – 483.
24. Saunders J.A., Matthews B.J., Van Wert S.L., (1992), *Guide to electroportation and electrofusion*, Eds. Chang D.C., Chassy B.M., Saunders J.A., Sowers A.E., New York, London, 227 – 247.
25. Hayakawa T., Zhu Y., Itoh K., Kimura Y., Izawa T., Shimamoto K., Shigemitsu T., (1992), *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89, 9865 – 9869.
26. Klein T.M., Arentzen R., Lewis P.A., Fitzpatrick-McElligott S., (1992), *Bio/Technology*, 10, 286 – 291.
27. Vasil V., Castillo A.M., Fromm M.E., Vasil I.K., (1992), *Bio/Technology*, 10, 667 – 674.
28. Somers D.A., Rines H.W., Gu W., Kaeppler H.I., Bushnell W.R., (1992), *Bio/Technology*, 10, 1589 – 1594.
29. Koziel M.G., Beland G.L., Bowman C., Carozzi N.B., Crenshaw R., Crossland L., Dawson J., Desai N., Hill M., Kadwell S., Launis K., Lewis K., Maddox D., McPherson K., Meghji M.R., Merlin E., Rhodes R., Warren G.W., Wright M., Evola S.V., (1993), *Bio/Technology*, 11, 194 – 200.
30. Ellis D.D., McCabe D.E., McInnis S., Ramachandran R., Russel D.R., Wallace K.M., Martinnell B.J., Roberts D.R., Raffa K.F., McCown B.H., (1993), *Bio/Technology*, 11, 84 – 89.
31. Feitelson J.S., Payne J., Kim L., (1992), *Bio/Technology*, 10, 271 – 275.
32. Höfte H., Whiteley H.R., (1989), *Microbiol. Rev.*, 53, 242 – 255.
33. Williams S., Friedrich L., Dincher S., Carozzi N., Kessmann H., Ward E., Rylals J., (1992), *Bio/Technology*, 10, 540 – 542.

Utilization of organisms contained foreign genetic information in biotechnology

Summary

This paper reviews briefly a state of biotechnology in leading countries and surveys the main recombinant DNA products on the commercial market and in clinical trial. The progress in transgenic pharming and in transformation of plants by particle bombardment in the last years is analysed in the article as well. At the end some remarks about biotechnology education in Poland are contained.

Key words:

biotechnology, biotechnology education, haemoglobin, transgenic animals, transgenic plants, viral vaccines.

Adres dla korespondencji:

Jerzy Długoński, Zakład Mikrobiologii Przemysłowej, Instytut Mikrobiologii i Immunologii, Uniwersytet Łódzki, ul. Banacha 12/16, 90 - 237 Łódź.