

JERZY BUCHOWICZ

GMO, głód i biznes

Problem organizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMO) budzi powszechne zainteresowanie od dawna i nic nie traci ze swej aktualności. Przeciwnie – argumenty za i przeciw przytaczane są w piśmiennictwie i mediach coraz częściej, w bezkompromisowym zazwyczaj trybie. Burzliwy przebieg ma także obecna debata sejmowa (luty 2010) nad rządowym projektem nowej ustawy o GMO. Może więc warto jest zwrócić uwagę na przyczyny zainteresowania, emocji i kontrowersji towarzyszących tworzeniu i rozpowszechnianiu organizmów transgenicznych.

Dla porządku zacznę od przypomnienia definicji, jaką znamy z ustawy z dnia 22 czerwca 2001 r. o organizmach genetycznie zmodyfikowanych (Dz. U. Nr 76, poz. 811). Mówi ona, że GMO to „organizm, w którym materiał genetyczny został zmieniony w sposób niezachodzący w warunkach naturalnych”. W myśl definicji organizmy genetycznie zmodyfikowane są równoznaczne z organizmami transgenicznymi, czyli z organizmami uzyskiwanymi metodami inżynierii genetycznej lub, ogólniej mówiąc, biotechnologii molekularnej. Do GMO nie należą więc nowe szczepy drobnoustrojów, nowe odmiany roślin ani nowe rasy zwierząt uzyskiwane metodami genetyki klasycznej (mutacje, krzyżówki, selekcja).

Skala problemu

Skalę problemu najłatwiej jest przedstawić na przykładzie roślinnych GMO. Jak podaje Marshall (2009), pod uprawę roślin transgenicznych świat przeznaczają obecnie 125 mln ha gruntów ornych (a jest to obszar 4-krotnie większy od terytorium Polski). Największy udział (62,5 mln ha) w uprawie odmian transgenicznych mają Stany Zjednoczone. Wielkoobszarową, komercyjną uprawę roślin transgenicznych wyróżniają się też Argentyna, Brazylia, Kanada i Indie. W każdym z tych krajów ilość ziemi przeznaczonej pod uprawę GMO przewyższa 5 mln ha i z roku na rok wzrasta o około 10%. W żadnym natomiast z krajów Unii Europejskiej nie uprawia się roślin transgenicznych na większą skalę. Wynika to być może z faktu, że rolnictwo europejskie jest dotowane, co łagodzi warunki konkurencyjności. Najbliższa, choć wciąż odległa od umownej granicy wielkoobszarowości (1 mln ha), jest Hiszpania ze swymi 50 tys. ha transgenicznej kukurydzy. Polska w tej statysce nie jest nawet wzmiankowana.

Do najczęściej modyfikowanych gatunków roślin uprawnych należą: soja, kukurydza, bawełna, rzepak i burak cukrowy. W wielu przypadkach areał przeznaczony pod uprawę odmian transgenicznych jest znacznie większy od areału tradycyjnych odmian tego samego gatunku rośliny. Na przykład 92% soi, 86% bawełny, 73% kukurydzy i 59% buraka cukrowego uprawianych w USA przypada na ich odmiany transgeniczne.

Ranga problemu

Znaczenie uzyskiwania i rozpowszechniania GMO ma wiele aspektów. W niniejszym omówieniu chciałbym się skupić tylko na jednym z nich – zwiększaniu produkcji żywności.

Do głównych celów genetycznej modyfikacji roślin uprawnych, podobnie jak i tradycyjnego rolnictwa, należy dążenie do zwiększenia plonów. W obu przypadkach cel ten często jest osiąganym przez zabiegi zmierzające do zmniejszenia strat powodowanych przez szkodniki, patogeny czy chwasty. Ale sposoby osiągnięcia tego celu metodami biotechnologii molekularnej różnią się zasadniczo od sposobów konwencjonalnych.

Do zwalczania owadów, zamiast pestycydów (chemicznych środków owadobójczych), wprowadza się uprawę roślin wyposażonych w gen kodujący białko toksyczne dla roślinożernych gąsienic i chrząszczy. Gen (*cry*) pochodzi z bakterii glebowej *Bacillus thuringiensis*, a kodowane przez nie białko (Cry, od *crystal protein*) nazywane jest w piśmiennictwie branżowym toksyną Bt (od *B. thuringiensis*). Rośliny wytwarzające toksynę Bt są, praktycznie biorąc, odporne na owady roślinożerne. W ten sposób niemal całkowicie eliminowane są straty w zbiorach powodowane przez te szkodniki (Christou i in., 1990). Przeciwnicy GMO zgłaszają jednak zastrzeżenia. W prasie codziennej nieraz wyrażane są obawy o los ptaków, które żywią się gąsienicami, a te mogą ewentualnie być zatrute toksyną Bt. Obawy takie są bezpodstawne. Zawodowi ekolodzy dobrze wiedzą, że ptaki (podobnie zresztą jak i człowiek) są ewolucyjnie, przez przewód pokarmowy, przystosowane do stałego kontaktu z bakteriami glebowymi, nie wyłączając *B. thuringiensis*.

Równie wielkie korzyści przynosi wprowadzanie do uprawy roślin transgenicznych, które tolerują środki chwastobójcze. Do najczęściej obecnie stosowanych herbicydów należy glifosat, znany pod handlową nazwą Roundup. Jest to prosty związek organiczny (fosfonometyloglicyna), który w glebie ulega szybkiemu rozkładowi do dwutlenku węgla, amoniaku i fosforanu nieorganicznego (Korbin i in., 2009). Dla roślin jest zabójczy, bo inhibuje syntezę aminokwasów egzogennych (człowiek i zwierzęta i tak muszą je pobierać w gotowej postaci z zewnątrz, z pożywieniem). W warunkach polowych ten nieselektywny herbicyd niszczy tak chwasty, jak i rośliny uprawne (jednoliścienne i dwuliścienne). Chyba że wyposażymy je w gen (*epsps*) nadający roślinie zdolność syntezy enzymu rozkładającego glifosat (Daniell i in., 1998). Takie rośliny transgeniczne (Roundup Ready) można bezpiecznie traktować glifosatem w dowolnym okresie wegetacyjnym i skutecznie pozbywać się chwastów bez potrzeby ich mechanicznego zwalczania.

Oprócz eliminacji strat powodowanych przez takie czy inne czynniki środowiskowe, przedmiotem zainteresowania twórców GMO jest możliwość poszerzenia granic genetycznie uwarunkowanej urodzajności roślin uprawnych. W tej dziedzinie biotechnologia molekularna nie ma jednak jeszcze tak wielkich osiągnięć, jakimi w drugiej połowie XX wieku poszczycić się mogła tzw. zielona rewolucja (nowe, wysoko plonujące odmiany pszenicy i ryżu). Jednakże już dziś najpotężniejsze firmy agrobiotechnologiczne Europy Zachodniej i Stanów Zjednoczonych łączą swe wysiłki, aby zwiększyć urodzajność roślin uprawnych nawet na terenach o niesprzyjających warunkach klimatyczno-glebowych.

Szczególną uwagę uczonych przyciągają dwa gatunki roślin zbożowych: powszechnie znana kukurydza i mniej znane, ale równie ciekawe sorgo (*Sorghum bicolor*) ze swym niedawno zsekwencjonowanym genomem (Peterson i in., 2009). Kukurydza daje wysokie plony ziarna, ale wymaga stosunkowo dobrych gleb i umiarkowanie ciepłego klimatu. Sorgo natomiast plonuje słabo, ale za to toleruje bardzo niesprzyjające nawet warunki wzrostu: suszę, zasolenie gleb i nadmiernie wysoką temperaturę. Uprawiane jest nawet na obrzeżach Sahary. Biochemicy i genetycy zamierzają poznać i przenieść geny warunkujące odporność na stres abiotyczny z sorga do kukurydzy. Wyposażona w takie geny transgeniczna kukurydza będzie mogła być uprawiana i dobrze plonować na znacznie większym obszarze niż dotychczas. Realizacja tego zamierzenia będzie miała rangę drugiej zielonej rewolucji.

Osiągnięcie założonego celu będzie jednak wymagało ogromnych nakładów, wielkiego wysiłku organizacyjnego, wzmożonej współpracy wielu różnych placówek naukowych, i – nade wszystko – dalszego postępu poznawczego. Dobrym przykładem czynionego postępu może być zastosowanie konstruktów złożonych z enzymu restrykcyjnego i czynnika transkrypcyjnego z tzw. palcami cynkowymi do spowodowania pożądanej zmiany w genomie kukurydzy (Shukla i in., 2009).

Ku zdrowszej wieprzowinie

Chociaż genetyczne modyfikacje zwierząt są dziś w świecie dość powszechne, to o możliwości uzyskiwania zwierząt transgenicznych przeznaczanych do uboju nie mówi się prawie nic. A jeśli nawet padną już jakieś słowa, to zazwyczaj przeciw, a nie za.

Tylko bardzo nieliczne zespoły naukowe widzą celowość podjęcia badań zmierzających do zwiększenia wartości rynkowej zwierząt rzeźnych metodami inżynierii genetycznej. Eksperymenty są jak dotychczas prowadzone na niewielką, rozpoznawczą skalę. Ich głównym celem jest upodobnienie chemicznego składu tłuszczu wieprzowego do składu tłuszczu rybiego, który uchodzi (i słusznie) za dużo zdrowszy. Wynika to z różnicy w zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (tzw. serii omega-3), która jest wysoka w tłuszczu ryb (i nielicznych gatunków roślin), a niska w tłuszczu świń i innych ssaków.

Grupa uczonych amerykańskich (Lai i współautorzy, 2006) dopatrzyla się możliwości zwiększenia zawartości kwasów serii omega-3 w tłuszczu zwierząt rzeźnych przez wprowadzenie do organizmu zwierzęcego obcego genu, który kodowałby syntezę desaturazy kwasów tłuszczowych – enzymu katalizującego przemianę nasyconych kwasów tłuszczowych w nienasycone. Autorzy posłużyli się genem *fat-1*, który wyodrębnili z dobrze poznanego DNA nicienia *Caenorhabditis elegans*. Uzyskane transgeniczne prosięta syntetyzowały czterokrotnie więcej kwasów tłuszczowych serii omega-3 niż zwierzęta nietransformowane. Trwają prace nad oceną praktycznego znaczenia tego wyczynu naukowego.

Sytość z głodem w tle

Z europejskiego punktu widzenia wysiłki zmierzające do zwiększenia produkcji żywności są zbędne, jeśli nawet nie wręcz szkodliwe. Ale na Europie świat się nie kończy. Na świecie głoduje obecnie około 800 mln ludzi (Borlaug, 2007). Cytowany autor jest laureatem Pokojowej Nagrody Nobla z 1970 r., którą uzyskał jako twórca wspomnianej już zielonej rewolucji. Nasze zaufanie do ocen formułowanych przez Borlauga może wzmacniać i ta okoliczność, że jak to przypomniał nam w swoim czasie Pieniążek (1997), był on pierwszym przewodniczącym utworzonej w Warszawie, w 1987 r. Fundacji na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa. Fundacja wydatnie przyczyniła się do unowocześnienia rolnictwa i racjonalizacji gospodarki żywnościowej w ówczesnej Polsce, na ile było to możliwe.

W nawiązaniu do opinii Borlauga warto zauważyć, że głodujące miliony reprezentowane są głównie przez kraje Trzeciego Świata. A według szacunku FAO aż 97% przyrostu ludności w latach 2010-2020 przypadnie na te właśnie kraje. Co gorsze, jak to wylicza Vasil (2003), powierzchnia gruntów ornych zmaleje z obecnych 0,26 ha na jednego mieszkańca do około 0,15 ha w roku 2050. Stąd produkcja żywności *per capita* będzie w najbliższych latach szybko spadać. Konieczność znalezienia nowych, niekonwencjonalnych sposobów zwiększenia produkcji żywności staje się bezsporna.

Konflikt interesów

Wykorzystywanie GMO do celów przemysłowych to wielki biznes. Tylko w 2007 r. zyski firm biotechnologicznych wyniosły 69 mld dolarów (Lawrence i Lahteenmaki, 2008). Ale biznes ma już to do siebie, że jeśli ktoś zyskuje, to ktoś inny musi tracić. Dwa przykłady.

W 2002 r. grupa farmerów kanadyjskich, zrzeszonych w Saskatchewan Organic Directorate, podała do sądu amerykańską firmę Monsanto za rozpowszechnianie transgenicznego rzepaku tolerującego środki chwastobójcze. Uprawa tej transgenicznej odmiany miała przynosić straty rolnikom uprawiającym tradycyjne odmiany rzepaku.

I pewnie przynosiła. Uprawa roślin tolerujących herbicydy jest bowiem wysoce konkurencyjna dla uprawy roślin wymagających mechanicznego niszczenia chwastów (zakup, eksploatacja i konserwacja odpowiedniego parku maszynowego). A olej rzepakowy jest zawsze taki sam, niezależnie od tego, w jaki sposób eliminowane jest zachwaszczenie upraw.

Jeszcze ostrzejszy konflikt zaczyna się rysować w dziedzinie produkcji zwierzęcej. Bardzo odległa wprawdzie i wciąż wielce wątpliwa jeszcze możliwość dostarczenia na rynek zdrowej wieprzowiny już dziś budzi zrozumiałe obawy firm produkujących preparaty zawierające wielonienasycone kwasy tłuszczowe pochodzenia roślinnego. Firmy produkujące takie suplementy do diety na pewno zbankrutują, jeśli na rynek wejdzie wieprzowina wzbogacona w kwasy tłuszczowe serii omega-3. A ludzie zagrożeni bankrutem nie zawsze przyznają, że chodzi im po prostu o własną kieszeń. Będą raczej występować przeciw zagrożeniom, jakie niesie dla społeczeństwa np. „żywność Frankensteina”. W takiej krucjacie mogą śmiało liczyć na poparcie ciemnogrodu, niestety wciąż silnego, i w Polsce, i w innych krajach europejskich.

Konflikt interesów, choć zapewne przejściowy, długo jeszcze będzie hamował rozpowszechnianie GMO, jak i prace badawcze prowadzące do ich ulepszenia. Jednakże pasja badawcza i obiektywne potrzeby gospodarcze, w połączeniu z upowszechnianiem wiedzy o GMO, zapewne spowodują szybki postęp poznawczy i wdrożeniowy w zakresie niekonwencjonalnych sposobów zwiększania produkcji żywności. Mimo barier biurowatycznych i sprzeciwu zwolenników „stref wolnych od GMO”.

Piśmiennictwo

- Borlaug N. (2007). *Feeding a hungry world*. „Science” 318, 359.
- Christou P. et al. (1990). *Soybean genetic engineering – commercial production of transgenic plants*. „Trends Biotechnol.” 8, 145-151.
- Daniell H. et al. (1998). *Containment of herbicide resistance through genetic engineering of the chloroplast genome*. „Nat. Biotechnol.” 16, 345-348.
- Korbin M. et al. (2009). *Jak zbadać stres herbicydowy u roślin na poziomie molekularnym?* „Nauka” 2/2009, 143-150.
- Lai L. et al. (2006). *Generation of cloned transgenic pigs rich in omega-3 fatty acids*. Nat. Biotechnol. 24, 435-436.
- Lawrence S, Lahteenmaki R. (2008). *Public biotechnology 2007 – the numbers*. „Nat. Biotechnol.” 26, 753-762.
- Marshall A. (2009). *13.3 million farmers cultivate GM crops*. „Nat. Biotechnol.” 27, 221.
- Peterson A.H. et al. (2009). *The Sorghum bicolor genome and the diversification of grasses*. „Nature” 457, 551-556.
- Pieniążek S.A. (1997). *Pamiętnik sadownika*. Fundacja Rozwoju SGGW, Warszawa.
- Shukla V.K. et al. (2009). *Precise genome modification in the crop species Zea mays using zinc-finger nucleases*. „Nature” 459, 437-441.

Vasil I.K. (2003). *The science and politics of plant biotechnology – a personal perspective* Nat. Biotechnol. 21, 849-851.

GMO, a hungry world, and business

There is a constantly increasing interest in the significance of genetically modified organisms (GMO). The interest results, in particular, from the observed and expected role of GMO in food production. The global food shortage has been recently pointed out by Norman Borlaug, a Laureate of the Peace Nobel Prize. To overcome this shortage, an increase in harvests is necessary. Thus, insect resistant and herbicide tolerating crop plants (Bt-maize, Bt-soybean, Roundup Ready canola and so on) have been obtained. Attempts are also made to equip maize with sorghum-derived genes that confer tolerance to abiotic stress. In parallel, some investigators try to introduce a *C. elegans* gene (*fat-1*) into the genome of pig to make it possible to produce pork rich in desirable unsaturated fatty acids. Although the modern molecular biotechnology is, in principle, ready to achieve the indicated purposes, the R&D progress is hampered by bureaucratic barriers and business-related conflicts of interests.

Key words: Bt-crop plants, drought tolerance, food shortage, healthy pork, herbicide tolerance, transgenic organisms