Postępy nauk rolniczych

Advances in Agricultural Sciences

Polska Akademia Nauk
Wydział Nauk
Rolniczych, Leśnych
i Weterynaryjnych

Kwartalnik
nr 342 rok 62

2/2010

Rada Redakcyjna
A. Grzywacz (przewodniczący),
J. Haman, T. Krzymowski, J.J. Lipa
A. Rutkowski, F. Tomczak, M. Truszczyński, J. Wilkin

Redakcja
A. Horubała (redaktor naczelny),
J. Buliński, A. Gawrońska-Kulesza, W. Józwiak,
J. Zimny, T. Żebrowska,
R. Suska (sekretarz redakcji)

Adres Redakcji
00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki, pokój 2102
tel. 0 22 620 33 71, 0 22 656 64 66
e-mail: Wydzial5@pan.pl

Wydanie publikacji dofinansowane przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Opracowanie redakcyjne, korekta i skład — Danuta Borecka

PL ISSN 0032-5547

Nakład 200 egz. Ark. wyd. 13. Ark. druk. 11.
Druk — Warszawska Drukarnia Naukowa PAN,
00-656 Warszawa, ul. Śniadeckich 8, tel./faks 0 22 628 87 77

Wieś, rolnictwo i agrobiznes polski pięć lat po akcesji do UE

Seminarium Wydziału Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych PAN oraz Komitetu Ekonomiki Rolnictwa PAN

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 5–10

Wprowadzenie

***Bogdan Klepacki*[1]**
Wydział Nauk Ekonomicznych Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
e-mail: bogdan_klepacki@sggw.pl

Słowa kluczowe: rolnictwo, agrobiznes, rozwój rolnictwa, przemysł spożywczy, obszary wiejskie

Wstęp

Jednym ważniejszych wydarzeń współczesnych, obok przekształcenia gospodarki socjalistycznej w kapitalistyczną (transformacja społeczno-gospodarcza), otwarcia na świat i wprowadzenia „wolnego" rynku, było przystąpienie Polski do Unii Europejskiej, co nastąpiło z dniem 1 maja 2004 roku. Akt ten budził wiele emocji, oczekiwań, ale i obaw. Optymiści spodziewali się między innymi wielkiego napływu środków finansowych z UE do Polski, ekspansji polskich towarów na otwarty rynek unijny, a także uporządkowania wielu regulacji prawnych, w tym dotyczących gospodarki. Pesymiści z kolei podkreślali ograniczenie polskiej suwerenności, rządy Brukseli, zalew polskiego rynku towarami z państw tzw. starej unii, czy nawet nadwyżkę polskich wpłat do unijnego budżetu ponad środki z niego uzyskane. Jedną z grup społecznych, która najgłośniej wyrażała swoje obawy byli rolnicy, a szerzej mieszkańcy wsi oraz przedsiębiorcy zaangażowani w działalność szeroko określaną jako agrobiznes.

Stan i problemy rozwojowe rolnictwa, agrobiznesu i wsi polskiej

Okres ponad pięciu lat, jaki minął od akcesji Polski do UE, skłania i pozwala na dokonanie pierwszych ocen, jak polskie rolnictwo, wieś i agrobiznes przystosował się

[1] Autor jest Przewodniczącym Komitetu Ekonomiki Rolnictwa PAN i Dziekanem Wydziału Nauk Ekonomicznych SGGW w Warszawie.

(i nadal przystosowuje) do nowych warunków funkcjonowania, tworzonych przez już unijne regulacje prawne i ekonomiczne. Z tego powodu 3 listopada 2009 r. w Warszawie w siedzibie PAN (Pałac Kultury i Nauki) odbyło się seminarium V Wydziału Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych PAN „Wieś, rolnictwo i agrobiznes polski pięć lat po akcesji do UE", którego organizatorem był Komitet Ekonomiki Rolnictwa PAN.

Zgodnie z zakresem tematycznym autorzy wystąpień podjęli problematykę zmian, jakie zaszły w samym rolnictwie, w tym w specyficznych regionach, czyli na terenach górskich, zagadnienie pozycji polskich przedsiębiorstw przemysłu spożywczego i szans konkurencyjnych naszego agrobiznesu w jednoczącej się Europie. Na posiedzeniu zaprezentowano następujące referaty[2]:

1. prof. dr hab. Andrzej Kowalski, prof. dr hab. Wojciech Józwiak „Sytuacja rolnictwa polskiego po objęciu Wspólną Polityką Rolną";
2. prof. dr hab. Roman Urban „Stan i możliwości rozwojowe polskiego przemysłu spożywczego";
3. prof. dr hab. Walenty Poczta „Pozycja konkurencyjna polskiego agrobiznesu na rynku europejskim";
4. prof. dr hab. Bogdan Klepacki, dr hab. Stanisław Stańko prof. SGGW: „Formy wsparcia rozwoju rolnictwa i wsi w Polsce";
5. dr Artur Bołtromiuk: „Efekty stosowania programów środowiskowych w Polsce – pierwsze oceny".

Zainteresowane osoby odsyłam do odpowiednich artykułów opublikowanych w bieżącym numerze Postępów Nauk Rolniczych. Zostały one przygotowane na podstawie wymienionych wystąpień. W tym miejscu przedstawiam więc tylko niektóre wątki związane z omawianą problematyką.

Sytuacja rolnictwa polskiego w latach po akcesji była zmienna. W pierwszym okresie nastąpił niewielki wzrost produkcji rolniczej w Polsce, z jednoczesnym wzrostem w niej udziału produkcji zwierzęcej. Dzięki dopłatom uległa poprawie kondycja ekonomiczna większości gospodarstw, zmniejszyła się dysproporcja dochodowa między osobami pracującymi w rolnictwie i w innych sektorach gospodarki narodowej. W kolejnym okresie sytuacja dochodowa uległa pogorszeniu (miał miejsce niewielki spadek dochodów). Jednocześnie postępowała polaryzacja dochodowa gospodarstw, bowiem funkcjonowała bardzo duża grupa drobnych gospodarstw o niewielkich dochodach z rolnictwa, uzupełnianych środkami pochodzącymi z innych źródeł, a z drugiej zaś wzrastała powoli grupa gospodarstw zapewniających dochody zbliżone, a nawet przekraczające poziom parytetowy. Te dysponowały

[2] Ponadto, w dyskusji głos zabrali profesorowie: W. Kamiński, D. Czykier-Wierzba, M. Kłodziński, W. Ziętara i F. Tomczak.

środkami na reprodukcję rozszerzoną majątku, a więc były konkurencyjne dla gospodarstw z innych krajów unijnych.

Wiele polskich gospodarstw ma znaczne rezerwy produkcyjne i ekonomiczne, które wynikają z niskiej efektywności gospodarowania, mogą więc poprawić swoją konkurencyjność ograniczając koszty produkcji. Jednak kryzys ekonomiczny pogorszy warunki funkcjonowania gospodarstw, głównie tych działających na obszarach o niekorzystnych dla rolnictwa warunkach, co spowoduje zwiększenie liczby gospodarstw o dochodach dysparytetowych. Należy oczekiwać, że zjawisko polaryzacji dochodowej polskich gospodarstw rolnych ulegnie przyśpieszeniu.

Biorąc pod uwagę procesy zachodzące w skali globalnej można oczekiwać, że nastąpi wzrost cen zbóż i nasion roślin oleistych, więc w Polsce możliwe będzie rozwijanie produkcji pszenicy, kukurydzy i rzepaku. W produkcji zwierzęcej w korzystniejszej sytuacji będą producenci zajmujący się produkcją bydła aniżeli trzody chlewnej i drobiu. Produkcja mleka i opas bydła będą opłacalne zwłaszcza na dobrych glebach. W związku ze zmianą klimatu ograniczona zostanie produkcja rolnicza na glebach słabych oraz na obszarach podgórskich i górskich.

Po wejściu Polski do UE nastąpiło przyśpieszenie rozwoju przemysłu spożywczego oraz zwiększenie jego udziału w zagospodarowaniu produkcji rolniczej. Wzmocnił on swoją pozycję w sektorze żywnościowym i zwiększył udział w zaspokajaniu popytu krajowego na żywność. Ważnym czynnikiem wpływającym na rozwój przemysłu był szybki wzrost eksportu, bowiem 45% przyrostu jego produkcji ulokowano na rynkach zagranicznych. Inny czynnik to rosnący popyt na żywność wysoko przetworzoną. Nastąpiło także przyśpieszenie rozwoju wstępnego przetwórstwa produktów rolnictwa oraz produkcji używek. Nastąpił wzrost udziału przetwórstwa wtórnego przy ograniczaniu udziału przerobu głównego. W okresie przedakcesyjnym oraz po wejściu Polski do UE nastąpiło duże ożywienie inwestycyjne. Przemysł został gruntownie zmodernizowany oraz dostosowany do warunków gospodarki rynkowej i do konkurowania na wspólnym rynku. Wejście do UE spowodowało także procesy koncentracji produkcji, co spowodowało, że istnieje grupa dużych i średnich firm, które są konkurencyjne na wspólnym rynku.

Pozycja konkurencyjna na rynku europejskim kształtuje się rozmaicie w zakresie poszczególnych grup produktów rolno-spożywczych. Najwyższy poziom przewag komparatywnych obserwuje się na rynku produktów pochodzenia zwierzęcego oraz przetworów z owoców i warzyw. Podstawowym determinantem tej konkurencyjności są przewagi kosztowo-cenowe, wynikające między innymi z niższej opłaty pracy. Jednak perspektywicznie decydujące znaczenie mogą odgrywać procesy prowadzące do wzrostu wydajności pracy w agrobiznesie.

W ramach wspólnej polityki rolnej istnieje wiele form wsparcia rolnictwa i obszarów wiejskich. Przystąpienie Polski do UE spowodowało zmianę źródeł i wielkości ich finansowania. W latach 2007–2013 podstawowe znaczenie ma realizacja Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW 2007–2013). Umożliwia on kontynuację

procesu modernizacji oraz rozwoju sektora rolno-spożywczego oraz wsi. Działania programu realizowane są w ramach czterech osi: Oś 1 Poprawa konkurencyjności sektora rolnego i leśnego, Oś 2 Poprawa środowiska naturalnego i obszar wiejskich, Oś 3 Jakość życia na obszarach wiejskich i różnicowanie gospodarki wiejskiej oraz Oś 4 LEADER.

Za pomocą programów w osi pierwszej ma być realizowany cel ekonomiczny WPR polegający na obniżaniu kosztów produkcji w rolnictwie i poprawa przez to konkurencyjności. W ramach tej osi realizowanych jest 10 działań, np. szkolenia zawodowe, ułatwianie startu młodym rolnikom, renty strukturalne, modernizacje gospodarstw, zwiększenie wartości dodanej poprawianie i rozwijanie infrastruktury. Związanej z rozwojem rolnictwa i leśnictwa uczestnictwo rolników w systemach jakości żywności działania promocyjne czy grupy producentów. Cztery działania realizowane w osi 2 (np. program rolnośrodowiskowy, zalesianie gruntów) powinny wpływać na poprawę stanu środowiska naturalnego obszarów wiejskich. Poprawa jakości życia na obszarach wiejskich realizowana ma być poprzez działania przewidywane w osi 3. W ramach działań osi 4 ma być budowany kapitał społeczny poprzez aktywizację mieszkańców oraz przyczynianie się do powstawania nowych miejsc pracy.

Oprócz środków przewidywanych na realizację PROW 2007–2013 obszary wiejskie wspierane będą także w ramach polityki spójności. Ocenia się, że w latach 2007–2013 może to być ok. 5,0 mld euro. Rolnictwo wspierane będzie także w ramach polityki interwencji rynkowej. Udział Polski w tych działaniach zależeć będzie od sytuacji rynkowej, bowiem środki na ten cel mają charakter wspólny, do podziału między członków UE.

W ostatnich dziesięcioleciach w polityce UE coraz ważniejsze miejsce zajmuje sprawa ochrony środowiska naturalnego. Także reforma WPR wprowadzona w ramach Agendy 2000 zakłada wielofunkcyjny rozwój rolnictwa, uwzględniający ochronę środowiska. Do środowiskowych celów zalicza się: zapewnienie ciągłości rolniczego użytkowania ziemi i tym samym zachowanie walorów krajobrazowych obszarów, promocję przyjaznych środowisku systemów produkcji rolniczej, zapobieganie zanieczyszczeniu gleb, wód, utrzymywanie cennych siedlisk na obszarach użytków rolnych itp. Wsparcie rolnictwa na obszarach marginalnych warunkuje możliwości utrzymania walorów krajobrazowych, sprzyja zachowaniu bioróżnorodności, wyrażające się w obserwowanym wzroście populacji niektórych gatunków ptaków. Szczególnie istotne jest zagospodarowanie, a jednocześnie zachowanie przyrody w warunkach górskich i innych terenach o niezbyt korzystnych warunkach gospodarowania.

Podsumowanie

Przystąpienie Polski do UE wywołało wyraźne ożywienie gospodarcze w całym sektorze rolnym. Na rolnictwo i obszary wiejskie skierowano środki znacznie przekraczające możliwości budżetu krajowego. Taka sytuacja nie musi trwać zawsze, a w przyszłości takich środków może nie być. Z tego powodu ważne jest ich jak najlepsze wykorzystanie, a zwłaszcza wspieranie mechanizmów warunkujących zmiany prowadzące do poprawy efektywności produkcji i wydajności pracy oraz poprawę warunków życia.

Ogólnie można stwierdzić, że polscy przedsiębiorcy z sektora rolnego i agrobiznesu w większości dokonali wielu wysiłków modernizacyjnych. Najskuteczniesi byli przedsiębiorcy z przemysłu spożywczego, którzy potrafili tak unowocześnić zarówno środki wytwórcze, jak i metody zarządzania, że wbrew wcześniejszym obawom, nie tylko nie zostali „wypchnięci" z rynku polskiego, ale dokonali skutecznej ekspansji na rynki „starych" członków UE. Dzięki temu uzyskali dodatnie saldo bilansu obrotów produktami spożywczymi i rolnymi.

Nieco bardziej skomplikowana jest sytuacja producentów rolnych. Wśród rolników trwa bowiem proces polaryzacji, krystalizuje się grupa z jednej strony przedsiębiorców, będących w stanie konkurować z najlepszymi producentami z całej UE, jednak ujawnia się coraz szersza grupa producentów, którzy z różnych względów konkurować nie mogą lub nie potrafią. Wydaje się, że najbliższe kilkanaście lat będzie to okres bardzo trudny, selekcyjny, podobny do tego, jaki miał miejsce w wielu krajach Europy Zachodniej w latach 60. i 70., kiedy liczba gospodarstw rolnych drastycznie spadła. Wiele z niekonkurencyjnych gospodarstw odejdzie z rolnictwa towarowego, stając się bądź to działkami samozaopatrzeniowymi rodzin wiejskich, bądź zostanie przejęte przez silniejsze, rozwojowe gospodarstwa, które będą dążyły do powiększenia swoich zasobów produkcyjnych, w tym również obszaru użytkowanej (posiadanej) ziemi. Obecni rolnicy wychodzący z działalności rolniczej muszą poszukiwać innych źródeł dochodu, w tym część z nich odejdzie na emerytury lub renty, bez kontynuacji gospodarowania przez następców.

The forms of supporting development in agriculture and rural areas in Poland

Key words: agriculture, agribusiness, agricultural development, food industry, rural area

Summary

Paper presented the principal problems of Polish agriculture and agribusiness. Author stated that after Poland's accession to the EU the economy, including food sector, started to grow. Polish food industry accommodated to new conditions very fast, successfully. Quite any different situation is in agriculture. Same of the farms, especially the large ones, have adjusted very good and got competitive to West European farms. Unfortunately, there are many small, not competitive farms, unable to develop. Probably most of them will finish their activity within next few years.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 11–22

Sytuacja rolnictwa polskiego w warunkach objęcia wspólną polityką rolną

Andrzej Kowalski, Wojciech Józwiak
Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warszawa
e-mail: andrzej.kowalski@ierigz.waw.pl
jozwiak@ierigz.waw.pl

Słowa kluczowe: polskie rolnictwo, gospodarstwa rolne, kryzys ekonomiczny, efekty polityki rolnej, sytuacja gospodarstw

Uwagi wstępne

Tekst zawiera próbę oceny zjawisk i procesów, które ujawniły się z chwilą objęcia polskiego rolnictwa wspólną polityką rolną (WPR). Nie chcemy jednak poprzestać tylko na analizie typu *ex post*, lecz na polskie rolnictwo chcemy popatrzeć również w konwencji *ex ante*. Nie zajmujemy się zatem tylko tym, co wydarzyło się w latach 2004–2008, ale także stanem, który został wywołany światowym kryzysem ekonomicznym. Ujawnił się on z całą mocą pod koniec 2008 roku, a są przesłanki, które wskazują, że jego skutki mogą być odczuwane jeszcze w 2013 roku. Nieco uwagi poświęcimy też okresowi wykraczającemu poza tę ostatnią granicę. Zdajemy sobie bowiem sprawę z tego, że objęcie polskiego rolnictwa WPR nie zwalnia nas od konieczności rozumienia zjawisk i procesów, które ujawniają się na światowych rynkach artykułów rolno-spożywczych. Polskie rolnictwo, a ściślej polski sektor żywnościowy, znajduje swoje miejsce w światowym podziale pracy, więc mamy obowiązek znać siły wywierające wpływ na to zjawisko. Pisząc o siłach sprawczych mamy na myśli globalizację i jej skutki w postaci poprawy poziomu życia w wielu najuboższych krajach świata, wzrost liczby ludzi na świecie, zmiany klimatu i zjawiska mu pochodne.

Pisząc o rolnictwie mamy świadomość, że jego „wyekstrahowanie" nawet tylko z całokształtu krajowego sektora żywnościowego jest czymś sztucznym. Na polskie rolnictwo zasadniczy wpływ miał, ma i mieć będzie krajowy przemysł rolno-spożywczy, a ściślej dynamika jego rozwoju. Przykładem może być choćby to, że w latach 2004–2008 nastąpił blisko trzykrotny wzrost wartości eksportu produktów rolno-spożywczych. Gdyby więc nie dobrze rozwijający się krajowy przemysł rolno-spożywczy obecny stan polskiego rolnictwa byłby zgoła dużo gorszy.

Lata 2004–2008

Ceny produktów rolniczych wzrosły co prawda w 2004 roku, ale następne lata nie były pod tym względem korzystne [8]. Wskaźniki wzrostu cen produktów rolnych były mniejsze od wskaźników inflacji i od dynamiki cen środków produkcji kupowanych przez producentów rolnych. W grupie produktów sprzedawanych przez rolników taniały głównie produkty roślinne, a wolniej – tylko relatywnie i przejściowo – pochodzenia zwierzęcego, z wyjątkiem cen żywca wieprzowego. Spośród środków produkcji kupowanych przez producentów rolnych, najszybciej drożały dobra inwestycyjne (głównie maszyny), obrotowe środki produkcji (nawozy, paliwa itd.) i usługi. Niekorzystne zmiany cen były jednak kompensowane w pewnym stopniu różnymi formami dopłat.

Po wejściu Polski do UE globalna produkcja rolnicza liczona w cenach stałych wynosiła średnio rocznie 58,5 mld zł i była o 2,5% większa niż w latach 2001–2003. Równolegle postępowały zmiany struktury tej produkcji. W tym samym okresie wartość produkcji zwierzęcej wzrosła o około 7%, a roślinnej obniżyła się o nieco ponad 1%.

Kontynuowany był wzrost produkcji drobiarskiej i wzrastała produkcja nasion rzepaku. W poziomie produkcji tak ważnych działów rolnictwa jak zboże, mleko i mięso wieprzowe nie odnotowano istotnych zmian. Obniżyła się jednak nieco produkcja owoców, ale jej poziom z końca analizowanego okresu był o około 15% większy niż w latach 1998–2000. Trwała natomiast silna tendencja spadkowa produkcji okopowych, głównie ziemniaków.

Inną istotną cechą zmian zachodzących w produkcji roślinnej było szybsze tempo wzrostu produkcji końcowej i towarowej niż globalnej, co wskazuje, że malało zużycie zarówno produkcyjne jak i konsumpcyjne, a rosła towarowość produkcji.

W latach 2004–2008 zaszły istotne zmiany w sytuacji dochodowej gospodarstw rolnych w Polsce w porównaniu z okresem poprzednim. Dość wspomnieć, że dochody polskich gospodarstw wzrosły średnio ponad dwukrotnie w przeliczeniu na osobę pełnozatrudnioną (pracującą 2200 godzin w gospodarstwie rolnym w ciągu roku). Zasadniczy wpływ na to korzystne zjawisko miały dopłaty, uzyskiwane przez rolników kanałami pozarynkowymi. O ile w 2003 roku miały one 9,4% udział w tworzeniu dochodów, to w roku następnym udział ten wzrósł do 39%. Największy udział dopłat w tworzeniu dochodu w analizowanym okresie odnotowano jednak w 2006 roku.

Po akcesji poprawiła się relatywna dochodowość rolników w odniesieniu do innych grup zawodowych. O ile w okresie poprzedzającym akcesję średni dochód rolniczy, w przeliczeniu na osobę pełnozatrudnioną, wynosił 24,2% średniego poziomu wynagrodzenia netto w gospodarce narodowej, to w roku akcesji zwiększył się ponad dwukrotnie, osiągając poziom 56,2%. W kolejnych latach relacje te ulegały

wahaniom od 43,3% w 2005 roku, do 57,5% w bardzo korzystnym dla rolnictwa 2007 roku. Są jednak obliczenia, które wskazują, że dochód przeliczony na osobę pełnozatrudnioną w rolnictwie obniżył się w latach 2004–2008 o 2,2%, podczas gdy średnie wynagrodzenie netto w gospodarce narodowej zwiększyło się o 27,3%. Dysproporcje między poziomami wynagradzania osób pracujących w rolnictwie i w innych działach gospodarki narodowej zaczęły więc powoli wracać do sytuacji sprzed akcesji, po chwilowej radykalnej poprawie spowodowanej objęciem polskiego rolnictwa wspólną polityką rolną w 2004 roku.

Dochody producentów rolnych wzrosły w 2004 roku i w latach następnych w różnym stopniu w zależności od struktury materialnych czynników produkcji w posiadanych przez nich gospodarstwach. W największym stopniu dochody te wzrosły w gospodarstwach opierających swój byt nie na dużym wyposażeniu kapitałowym i dużym zatrudnieniu, a na dużym obszarze użytków rolnych (gospodarstwa specjalistyczne zbożowe, z dominacją różnych upraw polowych, specjalistyczne mleczne, z mieszaną produkcją roślinno-zwierzęcą itd.), w dużo mniejszym zaś w gospodarstwach o małym obszarze, ale o dużym wyposażeniu kapitałowym i dużych nakładach pracy (gospodarstwa: ogrodnicze, sadownicze, specjalizujące się w chowie drobiu lub trzody chlewnej). Przyczyną tej sytuacji był sposób liczenia dopłat (bezpośrednich, uzupełniających itd.) zależnie od posiadanego lub deklarowanego przez rolnika obszaru. Można oszacować, że blisko 21% gospodarstw korzystało w niewielkim stopniu z dopłat, tylko z tej przyczyny, że kapitał i praca są w nich podstawą prowadzenia produkcji rolniczej.

Z około 2390 tys. gospodarstw prowadzących działalność rolniczą tylko około 1410 tys. złożyło ostatnio wnioski o dopłaty, ale na rynku produktów rolniczych dominowało zaledwie 767 tys. gospodarstw o wielkości 2 i więcej ESU (ang. **E**uropean **S**ize **U**nit – Europejska Jednostka Wielkości, 1 ESU = 1200 EUR).

W gospodarstwach ostatniej z wyspecyfikowanych grup kontynuowany był już dużo wcześniej dostrzeżony proces polaryzacji dochodowej gospodarstw, który rzutował silnie na zróżnicowanie możliwości rozwojowych. Gospodarstwa o wielkości 2–8 ESU dostarczały w okresie objętym analizą tylko niewielką część dochodu swym posiadaczom [12]. Gospodarstwa cechował niepokojąco niski stopień technicznego wyposażenia pracy, ujemna reprodukcja majątku trwałego, a tylko 18% spośród nich rokowało nadzieję na poprawę uzyskiwanych efektów ekonomicznych. Zdecydowana większość tych małych towarowych gospodarstw rolnych nie ma zatem zdolności rozwojowych, a to oznacza, że utracą one w perspektywie najbliższych 15–20 lat posiadane, lecz wyeksploatowane w pełni budynki i maszyny. Nie jest jasne, jak będzie po tym okresie wyglądać wykorzystanie ziemi będącej obecnie w ich posiadaniu.

Gospodarstwa o wielkości 8–16 ESU osiągały dochody, które pozwalały im inwestować tak, by zapewnić (choć w niewielkim stopniu) rozszerzoną reprodukcję majątku trwałego, w części kosztem poziomu życia producentów rolnych i członków

ich rodzin. Od 45 do 50% gospodarstw tej wielkości ma szanse poprawić uzyskiwane efekty ekonomiczne. W 2007 roku istniało około 149 tys. gospodarstw o wielkości 8–16 ESU, a ich liczba rosła w znikomym tempie w okresie objętym analizą, częściowo z powodu przechodzenia do innych grup wielkościowych.

Tylko gospodarstwa o wielkości 16 i więcej ESU cechowała duża aktywność inwestycyjna, a opłata pracy własnej producentów i członków ich rodzin przekraczała poziom parytetowy. Zatem tylko te gospodarstwa mogą spowodować, że w przyszłości na polskich stołach będzie żywność wytworzona z surowców pochodzenia krajowego. W latach 2002–2007 liczba gospodarstw rolnych o wielkości 16 i więcej ESU wzrosła o 24 tys. (tj. o 30,4%), by osiągnąć poziom około 99 tys.

Nie trudno dostrzec, że zarówno poziom dochodów jak i rodzaj reprodukcji majątku trwałego w gospodarstwach rolnych cechowało swoiste sprzężenie zwrotne. W gospodarstwach małych sprzężenie to miało charakter ujemny: niewielkie dochody ograniczały stopień reprodukcji majątku trwałego, a to z kolei ograniczało dochody w następnym okresie. W gospodarstwach dużych natomiast występowało sprzężenie zwrotne dodatnie: duże dochody tworzyły przesłanki do reprodukcji rozszerzonej majątku trwałego, a to przynosiło dalszy wzrost dochodów.

Stwierdzono, że polskie gospodarstwa o wielkości 16 i więcej ESU były konkurencyjne w latach 2004–2006 względem gospodarstw rolnych naszych najbliższych sąsiadów unijnych – Niemiec, Danii, Szwecji i Węgier [5]. Był to łączny efekt dopłat i niskich kosztów: pracy najemnej, dzierżawy ziemi, obsługi zadłużenia i opodatkowania. Ta korzystna sytuacja została osiągnięta przy dużo mniejszym poziomie dopłat i subsydiów niż w gospodarstwach dawnej UE-15.

Wzmiankowany wcześniej szybki ostatnio wzrost liczby gospodarstw rozwojowych w Polsce nie oznacza dużego ich udziału. W 2007 roku stanowiły one blisko 13% gospodarstw objętych monitoringiem Polskiego FADN (ang. **F**arm **A**ccountancy **D**ata **N**etwork – europejski system zbierania danych rachunkowych z gospodarstw rolnych), a więc o wielkości 2 i więcej ESU. W Danii natomiast w latach 1990–2005 wzrósł z 6,3% do 22,4% udział gospodarstw o wielkości aż 100 i więcej ESU, a podobny trend występuje także w innych krajach unijnych dawnej UE-15. W warunkach rozwiniętej gospodarki szansę na egzystencję mają zatem gospodarstwa jeszcze większe niż obecnie w Polsce.

Komentując to ostatnie spostrzeżenie warto odwołać się do analizy dochodowości marginalnej pracy i ziemi [3]. Analiza ta wskazała, że tylko co dziewiąte gospodarstwo polskie o wielkości 2 oraz więcej ESU ma tę dochodowość równą bądź większą od opłaty parytetowej pracy. Bardzo dochodowa jest natomiast w ogromnej większości gospodarstw dzierżawa ziemi, nawet wtedy kiedy dopłaty pobiera właściciel nieruchomości, a nie jej użytkownik. Płynie stąd wniosek, że wzrost liczby polskich gospodarstw rozwojowych i konkurencyjnych zależy od dwóch czynników. Pierwszy to wzrost dochodowości pracy, który może być realizowany albo poprzez ograniczanie zbędnego zatrudnienia, albo poprzez wzrost wielkości i reorganizacji majątku.

Drugim zaś czynnikiem warunkującym wzrost liczby rozwojowych i konkurencyjnych gospodarstw rolnych jest tworzenie sprawnie funkcjonującego rynku ziemi. Chodzi między innymi o uruchomienie podaży zasobów tego czynnika produkcji (około 7 mln ha), które są obecnie w posiadaniu producentów rolnych osiągających niedostateczne efekty gospodarcze. Tymczasem uwaga polskich polityków koncentruje się na gospodarstwach tzw. latyfundystów, którzy dysponują użytkami rolnymi o łącznym obszarze około 1,3 mln ha.

Lata 2009–2013

Wspomniany wcześniej rosnący eksport w większym niż dotąd stopniu uzależnił cały polski sektor rolno-spożywczy od sytuacji na rynkach importerów. Z tego względu zasadne jest pytanie o wpływ światowego kryzysu ekonomicznego na losy polskich gospodarstw w najbliższych latach, a ściślej – o sytuację polskich gospodarstw rolnych w 2013 roku, kiedy skutki kryzysu przestaną prawdopodobnie być odczuwane? Projekcję takiej sytuacji sporządzono z wykorzystaniem metody modelowej.

W warunkach kryzysu utrzymają się zapewne wspomniane wcześniej, a niekorzystne tendencje w ewolucji cen na krajowe produkty rolnicze. Niekorzystne mogą być też zmiany cen środków produkcji dla rolnictwa. Nie odnotowuje się bowiem ograniczenia tempa wzrostu cen tych środków, a co więcej komunikaty prasowe informują o ponownym wzroście cen niektórych surowców na rynkach światowych (np. ropy naftowej), które niewątpliwie znajdą swoje odbicie również w Polsce. Przyjęto w związku z tym zasadę ekstrapolacji tempa zmian cen poszczególnych produktów rolniczych i poszczególnych rodzajów środków produkcji kupowanych przez producentów rolnych w latach 2000–2007 (4 lata przed akcesją i 4 lata poczynając od roku akcesji) na lata 2008–2013 [6].

Modelując sytuację w roku docelowym wzięto ponadto pod uwagę zmiany plonów roślin uprawnych i wydajności jednostkowych zwierząt. Zmiany tych wielkości spowodowane były zmianą klimatu i postępem agrotechnicznym i zootechnicznym oraz genetycznym. Analiza zmian plonów z lat 1995–2007 (połowa okresu w którym odnotowano nasilone zmiany klimatu) wykazała niewielki spadek lub stagnację średnich krajowych plonów roślin jarych i tych uprawianych na glebach gorszych. Szybko natomiast rosły plony roślin uprawianych na glebach dobrej jakości. Odnotowano ponadto znaczne tempo wzrostu wydajności mlecznej krów. Wszystkie te średnie liczby poddano korekcie biorąc za podstawę silny dodatni związek tempa zmian plonów i wydajności jednostkowej zwierząt z wielkością gospodarstw. Modelując przyjęto, że tempo zmian plonów i wydajności jednostkowej zwierząt będzie w latach 2009–2013 takie same jak w latach 1995–2007.

Czy w takiej sytuacji dopłaty oferowane producentom rolnym w ramach WPR (**w**spólna **p**olityka **r**olna) zrekompensują straty spowodowane niekorzystnymi warunkami cenowymi i wielokierunkowym wpływem zachodzącej jednocześnie zmia-

ny klimatu? Aby ocenić kierunek i skalę modelowanych zjawisk wykorzystano metodę planowania programu.

Modele są w dużej części „uśrednionymi obrazami" analogicznych grup gospodarstw. Maksymalizowano dochód modelowych gospodarstw biorąc pod uwagę: kwoty nadwyżek bezpośrednich, wszelkie rodzaje dopłat dla gospodarstw, obszar i strukturę posiadanych i dzierżawionych przez gospodarstwo gruntów, liczbę stanowisk dla zwierząt w budynku inwentarskim, zasoby pracy w poszczególnych okresach agrotechnicznych, możliwości zatrudnienia pracy najemnej, konieczność zapewnienia co najmniej minimalnego poziomu nawożenia organicznego i zbilansowania zużycia oraz produkcji słomy, a także tzw. ograniczenia agrotechniczne. Dochód z modelowanego gospodarstwa policzono jako różnicę między sumą nadwyżek bezpośrednich uzyskanych z rozwiązania optymalnego i kosztów stałych. Dochody i wszelkie pozycje kosztów i przychodów w roku wyjściowym i docelowym liczono w cenach nominalnych

Przed sporządzeniem projekcji poddano weryfikacji sporządzone modele gospodarstw na podstawie danych z okresu wyjściowego. Obliczone optymalne dochody były większe o 5,3–8,4% od dochodów rzeczywistych modelowanych gospodarstw. Modelowane gospodarstwa dysponowały więc rezerwami, których wykorzystanie pozwoliłoby poprawić efekty ekonomiczne. Prawdziwość tego spostrzeżenia potwierdzają wyniki innych badań [6].

Po zweryfikowaniu modele wykorzystano do sporządzenia rachunków optymalizacyjnych w dwóch okresach – wyjściowym (rok 2005) i docelowym (rok 2013). Ze względu na użytą metodę sytuację modelowanych gospodarstw można zatem odnieść do rzeczywistych gospodarstw o zbliżonych charakterystykach.

Jedna z projekcji sytuacji w roku 2013 dotyczy typowego polskiego gospodarstwa towarowego [4] będącego w posiadaniu osoby fizycznej, o nie wyspecjalizowanej produkcji, glebach o jakości nieco gorszej niż średnie i wielkości około 11 ESU (22,4 ha użytków rolnych). Gospodarstwo o takiej charakterystyce osiągnęło w roku wyjściowym dochody pozwalające „opłacić" pracę własną producenta rolnego i członków jego rodziny na poziomie parytetowym i inwestować, tak by zapewnić co najmniej prostą reprodukcję majątku trwałego.

Projekcja sporządzona na podstawie modelu wykazała, że w docelowym 2013 roku (średnie liczby dla lat 2012–2014) trzeba spodziewać się w charakteryzowanym gospodarstwie spadku dochodu rolniczego netto o 5057 PLN, tj. o 15,5% w stosunku do kwoty z rozwiązania modelowego w roku wyjściowym. Jeśli rodzina producenta rolnego przeznaczy w 2013 roku na swe utrzymanie część dochodu gospodarstwa równą opłacie parytetowej, to pozostałe środki (pozostała część dochodu powiększona o kwotę amortyzacji) wystarczą na odtworzenie tylko około 33% zużywających się środków trwałych, a to oznaczać będzie szybko postępującą deprecjację majątku trwałego. Prostą reprodukcję tego majątku zapewni dopiero obniżenie kwoty docho-

dów przeznaczonych na utrzymanie rodziny do poziomu około 66% docelowej opłaty parytetowej.

Można na tej modelowej podstawie wnosić, że charakteryzowane gospodarstwo znajdzie się w perspektywie najbliższych 4–5 lat w równie niekorzystnej sytuacji jak obecnie małe towarowe gospodarstwa (o wielkości 2–8 ESU). Typowe towarowe gospodarstwo rolne o wielkości 8–16 ESU straci wtedy status średniego gospodarstwa towarowego, a zyska status małego gospodarstwa towarowego.

Drugą z projekcji sporządzono dla gospodarstwa osoby fizycznej, z glebami dobrej jakości, specjalizującego się w produkcji zbóż i wielkości 40–100 ESU (206,5 ha użytków rolnych). Chodziło o sprawdzenie, czy w 2013 roku ich sytuacja ekonomiczna będzie na tyle korzystna, że będą one w stanie inwestować w środki techniczne ograniczające koszty produkcji [6].

Stwierdzono, że gospodarstwo nie inwestując powiększy w 2013 roku swój nominalny dochód brutto o 15,5 tys. zł (o 8,7%) w porównaniu z sytuacją w 2005 roku. Inwestując natomiast (częściowo za własne pieniądze, a częściowo ze środków SPO – **S**ektorowy **P**rogram **O**peracyjny) w kupno maszyny do uprawy bezorkowej powiększy dochód o kolejne 4,7 tys. zł. Zakupiona maszyna pozwoli bowiem ograniczyć znacząco koszty paliwa przy niewielkim spadku plonów i przyroście kosztów środków ochrony roślin. W sumie dochód nominalny gospodarstwa w roku docelowym może być o około 20 tys. zł (tj. o 13,3%) większy niż w dochód uzyskany z rozwiązania modelowego w 2005 roku. Racjonalne decyzje inwestycyjne mogą zatem poprawić sytuację ekonomiczną dużego gospodarstwa rolnego nawet w warunkach kryzysu ekonomicznego.

Opisane w tej części opracowania projekcje dochodów dla dwóch różnych rodzajów gospodarstw wskazują, że w latach 2009–2013 nasili się wzmiankowane wcześniej zjawisko polaryzacji polskich gospodarstw. Wzrośnie liczebnie grupa gospodarstw towarowych, które nie zapewniają swym posiadaczom znośnych dochodów i środków co najmniej na prostą reprodukcję majątku trwałego. Umacniać się natomiast będzie ciągle jeszcze mało liczna w Polsce grupa gospodarstw rozwojowych, które są w stanie konkurować z gospodarstwami innych krajów unijnych.

Kilka uwag o okresie po 2013 roku

W ostatnich dwóch dekadach ubiegłego wieku nastąpiło odwrócenie światowej tendencji trwającej dziesiątki lat, która wyrażała się spadkiem realnych cen ogromnej większości produktów pochodzenia rolniczego. Ocenia się, że istotnym czynnikiem wywierającym wpływ na to zjawisko stał się rosnący popyt na produkty pochodzenia rolniczego, na co składają się dwa procesy. Jeden z nich jest natury demograficznej, drugi zaś jest pochodną postępującej globalizacji gospodarki światowej. Dość powiedzieć, że liczba ludności świata powiększa się corocznie o około 70 mln osób, prawie

w całości w krajach o niskim poziomie życia. Część z tego przyrostu ma miejsce w tzw. państwach niewydolnych (Somalia, Sudan, Zimbabwe i około siedemnastu innych), które nie są w stanie zapewnić swoim obywatelom bezpieczeństwa osobistego, opieki zdrowotnej i edukacji. W takiej sytuacji głód jest zjawiskiem nagminnym. Dużo większa część przyrostu światowej populacji ma jednak miejsce w krajach rozwijających, zazwyczaj bardzo ludnych (Chiny, Indie, Brazylia itd.). Każdy przyrost dochodów jest tu niemal w całości przeznaczany na zakup żywności, a w wyniku globalizacji rośnie zamożność społeczeństw. Jeśli bowiem w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku udział ludności świata z dochodami powyżej 1000 dolarów amerykańskich na osobę wynosił około 50%, to w 2000 roku udział ten wzrósł już do około 83%.

Odwrócenie światowej tendencji wyrażającej się spadkiem poziomu cen realnych ma też przyczynę innego rodzaju, jaką jest ograniczony przyrost podaży produktów pochodzenia rolniczego. Newralgiczna jest produkcja zbóż [1], ponieważ to one są podstawą diety w warunkach małych dochodów. W Indiach dzienne spożycie zbóż wynosi około 0,5 kg na osobę, co zaspokaja około 60% zapotrzebowania na energię. Wzrost dochodów prowadzi do wzrostu popytu na produkty pochodzenia zwierzęcego, prowadząc do zwiększonego zużycia zboża. Krańcowym przykładem jest tu Kanada, gdzie dzienne zużycie zbóż na mieszkańca jest około czterokrotnie większe niż w Indiach, ale aż 90% ziarna pochłania produkcja surowców pochodzenia rolniczego potrzebnych do produkcji mięsa i nabiału. Z obu przytoczonych przykładów wynika, że produkcja zbóż w przyszłości może być nawet kilkakrotnie większa niż obecnie.

Jednocześnie od około ćwierćwiecza postępuje ocieplenie ziemskiego klimatu, które wywiera negatywny wpływ na plonowanie roślin uprawnych, głównie w szerokościach geograficznych zwrotników. Co więcej, w celu ograniczania wpływu czynników potęgujących ocieplenie klimatu bogate kraje przeznaczają część produktów pochodzenia rolniczego na wytwarzanie tzw. biopaliw (Stany Zjednoczone np. planowały zużyć na ten cel aż 1/4 swych zbiorów zbóż z 2007 roku), co tym bardziej ogranicza podaż produktów rolniczych. Narastają ponadto trudności z nawadnianiem upraw (pochłaniają one około 70% słodkiej wody zużywanej przez ogół społeczności światowej), ze względu na malejące opady i wyczerpywanie się zasobów wody we wgłębnych warstwach wodonośnych. Dotyka to np. wód znajdujących się pod nizinną częścią Chin. Co gorsza, wyczerpywanie zasobów wód wgłębnych powoduje obniżanie poziomu wód gruntowych i w efekcie utrudnia prowadzenie intensywnej produkcji rolniczej.

Spadkowi podaży produktów pochodzenia rolniczego spowodowanemu zmianami klimatu towarzyszy spadek produkcji wywołany erozją gleb. Środkowo-amerykańskie państwo Haiti było jeszcze przed czterdziestoma laty samowystarczalne pod względem produkcji zbóż. Od tego czasu jednak erozja (spowodowana zapewne brakiem odpowiedniej wiedzy agrotechnicznej) pozbawiła ten kraj znacznej części

gruntów ornych i obecnie Haiti importuje nieco ponad połowę potrzebnych produktów pochodzenia rolniczego. Ocenia się, że zanikanie warstwy gleby warunkującej powodzenie w uprawie roślin postępuje na około 1/3 obszarów gruntów ornych świata.

Narastające dysproporcje między wzrostem popytu na artykuły rolno-spożywcze a wzrostem podaży skutkowały wzrostem cen tych dóbr. Do pewnego czasu podwyżki cen miały charakter krótkookresowy. W 1972 roku np. Związek Radziecki zakupił za granicą bardzo duże ilości pszenicy, co podniosło około dwukrotnie cenę tego zboża, ale już w następnym sezonie produkcyjnym cena pszenicy powróciła do poziomu sprzed poprzedniego sezonu. Jeszcze w 1997 roku światowe zapasy zboża wystarczały na pokrycie popytu w czasie 108 dni, ale w kolejnej dekadzie lat sytuacja uległa wyraźnemu pogorszeniu, bowiem aż w sześciu latach podaż nie nadążała za popytem. W efekcie w 2007 roku światowe rezerwy wystarczały na pokrycie popytu tylko przez 62 dni. W tej sytuacji ceny ziarna ważniejszych gatunków zbóż wzrosły gwałtownie na rynkach światowych, osiągając poziom nigdy wcześniej nie notowany.

Światowy kryzys gospodarczy zakłócił obserwowane procesy. Kryzys zostanie jednak kiedyś zażegnany. W okresie wychodzenia z kryzysu przyrosty PKB będą oczywiście mniejsze niż w okresie sprzed wybuchu kryzysu. Jest jednak prawdopodobną teza, że przyrosty te będą mniejsze także z chwilą pełnego powrotu do „dynamicznej równowagi", charakterystycznej dla wieloletniego okresu sprzed 2008 roku. Narzucona bankom przez administrację państw kontrola ograniczy bowiem „wirtualne zyski", po to by uniknąć w przyszłości przyczyn powstania kolejnego kryzysu.

Mimo wszystko nie należy oczekiwać powrotu niekorzystnej dla rolnictwa sytuacji sprzed 2007 roku. Najprawdopodobniej utrwali się trend wzrostu cen zbóż, który ujawnił się w 2007 roku, choć może nie w tak dużym nasileniu.

Ta sytuacja stworzy dobre warunki dla rozwoju rolnictwa w krajach europejskich. Umiejętności producentów rolnych w tym regionie świata są bowiem na tyle zaawansowane, że nie grozi tu erozja gleb na skalę spotykaną w krajach innych części świata. Szczególnie dokuczliwe zmiany klimatu dotykają poza tym negatywnie tylko kraje położone na południu kontynentu europejskiego. Kraje położone bardziej na północ będą nadal mieć opady na poziomie zbliżonym do dotychczasowego, choć ich rozkład w ciągu roku i okresowe nasilenia mogą odbiegać od tego wzorca.

Przyszła sytuacja rolnictwa europejskiego nie będzie jednak jednoznacznie pozytywna. Wzrost cen zbóż obniży bowiem opłacalność produkcji zwierzęcej, głównie drobiarskiej i żywca wieprzowego. Konieczne będzie też nawadnianie upraw paszowych, upraw ogrodniczych i plantacji trwałych (głównie sadów), co podroży produkcję.

Wnioski

W okresie poakcesyjnym nastąpił niewielki wzrost produkcji rolniczej w Polsce w stosunku do okresu poprzedniego, a w strukturze tej produkcji zarysował się wzrost udziału produkcji zwierzęcej. Dzięki dopłatom wzrosły natomiast znacząco dochody większości gospodarstw rolnych, ograniczając poziom dysparytetu dochodowego między osobami pracującymi w rolnictwie i w innych sektorach gospodarki narodowej. Po szybkim początkowo wzroście dochodów nastąpiły jednak lata „chudsze", w wyniku których zarysowała się tendencja wyrażająca się niewielkim spadkiem dochodów.

Postępowała zatem odnotowana już wcześniej polaryzacja dochodów gospodarstw. Z jednej strony funkcjonowała bardzo duża grupa drobnych gospodarstw o niewielkich dochodach, które jedynie uzupełniały dochody posiadaczy rolnych pochodzące z innych źródeł, z drugiej zaś wzrastała liczebnie ciągle mało liczna grupa gospodarstw zapewniających dochody zbliżone do poziomu parytetowego bądź nawet ponad ten poziom. Tylko ostatnie gospodarstwa dysponowały środkami na reprodukcję rozszerzoną majątku, a więc były gospodarstwami rozwojowymi i tylko one były konkurencyjne względem gospodarstw z innych krajów unijnych.

Odnotowano rezerwy, jakie tkwią w dużej części polskich gospodarstw rolnych. Rezerwy te są wynikiem niedostatecznej efektywności gospodarowania, co oznacza, że możliwe jest ograniczenie znaczącej części kosztów nawet bez konieczności ograniczania rozmiarów produkcji.

Kryzys ekonomiczny pogorszył warunki funkcjonowania gospodarstw, głównie niewielkich i funkcjonujących na obszarach o niekorzystnych warunkach dla rolnictwa. Ich dochody ulegną zatem obniżeniu, o ile nie uruchomią posiadanych rezerw. Z dużą dozą pewności można natomiast stwierdzić, że gospodarstwa rozwojowe i konkurencyjne, dysponujące dużym potencjałem produkcyjnym oraz glebami dobrej jakości będą w stanie inwestować w środki ograniczające jednostkowe koszty produkcji. Kryzys zatem przyspieszy odnotowany już wcześniej proces polaryzacji dochodowej polskich gospodarstw rolnych.

Polski sektor rolno-spożywczy, a zatem i polskie rolnictwo zaczęło uczestniczyć w światowym podziale pracy w okresie poakcesyjnym, o czym świadczyła duża do niedawna dynamika wzrostu eksportu artykułów rolno-spożywczych. Była to ważna przyczyna pogorszenia koniunktury dla polskiego rolnictwa z chwilą ujawnienia się kryzysu. Trzeba więc liczyć się z tym, że poprawa sytuacji na rynkach światowych odbije się na koniunkturze również dla polskiego rolnictwa. Prawdopodobnie zanikaniu skutków obecnego kryzysu światowego będzie towarzyszyć wzrost cen zbóż (i być może nasion roślin oleistych). W tej sytuacji problematyczna będzie celowość chowu trzody chlewnej na małą skalę i zapewne także drobiu. Natomiast produkcja mleka i opas bydła będą mogły być kontynuowane zapewne tylko w warunkach dobrej jakości trwałych użytków zielonych i dobrych jakościowo gruntów ornych lub

w warunkach nawadniania upraw paszowych. Nawadnianie będzie też zasadne w produkcji warzyw i owoców.

Zmiany klimatu ograniczą prowadzenie produkcji rolniczej na glebach złej jakości (odpowiadające głównie obecnemu ONW Nizinne II oraz ONW Górskie i Podgórskie), jeśli zakres subwencjonowania rolnictwa zostanie w przyszłości ograniczony. Roślinna produkcja rolnicza może wtedy zaniknąć nawet na około 1/4 powierzchni obecnie użytkowanych rolniczo gruntów.

Literatura

[1] Brown L.R. 2009. Głód zagraża naszej cywilizacji. *Świat Nauki* 6(214): 58–69.

[2] Brzózka M. 2009. Wizja polskiej wsi i rolnictwa. W: Polska wieś 2008. Raport o stanie wsi, FDPA, Warszawa.

[3] Czekaj T., Józwiak W. 2009. Bariery wzrostu i rozwoju indywidualnych gospodarstw rolniczych w makroregionach Polski. *Rocz. Nauk Rol. Seria G – Ekonomika Rolnictwa* 96(4): 29–40.

[4] Józwiak W. 2009. Sytuacja ekonomiczna nie wyspecjalizowanych towarowych polskich gospodarstw rolnych w 2013 roku. W opracowaniu zbiorowym pod kier. A. Kowalskiego pt. „Analiza produkcyjno-ekonomicznej sytuacji rolnictwa i gospodarki żywnościowej w 2008 roku", IERiGŻ–PIB.

[5] Józwiak W. 2009. Zdolność konkurencyjna polskich gospodarstw rolnych w zestawieniu z gospodarstwami węgierskimi i niemieckimi, w pracy zbiorowej pod red. W. Józwiaka pt. „Sytuacja ekonomiczna, efektywność funkcjonowania i konkurencyjność polskich gospodarstw rolnych osób fizycznych", IERiGŻ–PIB, Plan Wieloletni 2005–2009, nr 132.

[6] Józwiak W., Zieliński M. 2010. Polskie gospodarstwa rolne w warunkach kryzysu, maszynopis artykułu przyjęty do druku w styczniu 2010 r. przez periodyk Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, Falenty.

[7] Kowalczyk S. 2007. Fundusze Unii Europejskiej w rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* 3.

[8] Kowalski A. Expectation and benefits of the European Union membership from the perspective of Polish agriculture. W: Agri-Food Sector in the Face of Current Challenges, pod redakcją A. Ukreyinetsa, P. Sabluka i A. Kowalskiego, NUFT, IAE, IAFE, Kiyv, wyd. I i II.

[9] Kowalski A., Wigier M., Chmieliński P. 2009. Poland's Adjustement to Challenge of Changing Agricultural Policy of the European Union. W: The role of knowledge, innovation and human capital in multifunctional agriculture and territorial rural developments. European Association of Agricultural Economists, Institute of Agricultural Economists, Belgrade.

[10] Wilczyński A. 2009. Prognoza wyników ekonomicznych gospodarstw mlecznych w 2013 roku. *Zeszyty Naukowe SGGW, Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej* 75: 243–254.

[11] Woś A. 2004. W poszukiwaniu modelu polskiego rolnictwa. IERiGŻ, Warszawa.

[12] Zieliński M. 2009. Gospodarstwa rolne czerpiące dochody z więcej niż jednego źródła. W: W. Józwiak (red.) „Sytuacja ekonomiczna, efektywność funkcjonowania i konkurencyjność polskich gospodarstw rolnych osób fizycznych", IERiGŻ–PIB, Program Wieloletni 2005–2009, nr 132.

The situation of Polish agriculture in terms of covering with the common agricultural policy

Key words: Polish agriculture, farms, economic crisis, effects of agricultural policy, situation of the farms

Summary

Polish sector of the food economy is closely connected with the world labour division. Thus, it is necessary to recognize the causative forces affecting this phenomenon. From among these factors the most important include: the effect of globalization and increasing human population in developing countries on the changes in food demand, a trend towards exchanging of fossil fuels with the biofuels, the changes in global climate affecting the supply of the raw materials for food production and still persisting world economic crisis. Against such a background and basing on analysis of the situation in Polish food economy sector within 2004–2008, most likely foreseen changes in economic conditions and development possibilities for the local farms over the years 2009–2013, were indicated. Moreover, some remarks were formulated concerning the situation in this field for the next few years.

.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 23–34

Stan i możliwości rozwojowe polskiego przemysłu spożywczego

Roman Urban
Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Świętokrzyska 20, 00-002 Warszawa,
e-mail: urban@ierigz.waw.pl

Słowa kluczowe: przemysł spożywczy, zmiany systemowe, rozwój sektora, stan ekonomiczny, inwestycje, przemiany strukturalne, integracja z UE

Wstęp

Od dwudziestu lat wszystkie główne działy polskiej gospodarki funkcjonują i rozwijają się w nowych warunkach ekonomiczno-społecznych, co oznacza, że znów są one kształtowane głównie przez rynek i prawa ekonomiczne. Dotyczy to także przemysłu spożywczego, w którym działanie rynku i praw ekonomicznych było w niewielkim stopniu zniekształcane przez decyzje polityczne i administracyjne. Te decyzje miały i mają znaczący wpływ na główny element otoczenia, tj. na rolnictwo i produkcję rolną. W tej części sektora żywnościowego istotną rolę odgrywa duże wsparcie środkami publicznymi (szczególnie po wejściu do UE) oraz bezpośrednie i pośrednie interwencje rynkowe.

Oceniany okres jest na tyle długi, że możliwa jest identyfikacja tendencji rozwojowych przemysłu spożywczego w całym okresie transformacji systemowej. Bez identyfikacji tych tendencji nie można dobrze ocenić obecnego stanu tego sektora i możliwości dalszego jego rozwoju.

W całym okresie transformacji można wydzielić cztery etapy rozwojowe polskiej gospodarki i przemysłu spożywczego, a mianowicie:

- lata 1988–1992 – odtwarzanie rynku i gwałtowne dostosowanie firm do warunków gospodarki rynkowej;
- lata 1993–1998 – przyspieszony rozwój jako pierwszy efekt transformacji;
- lata 1999–2002 – zastój gospodarczy, głównie w wyniku kryzysu rosyjskiego;
- lata 2003–2008 – okres integrowania z UE.

W gospodarce rynkowej głównym czynnikiem rozwoju każdego sektora jest popyt na dany produkt zarówno na rynku krajowym, jak i na rynkach zagranicznych.

O popycie na produkty przemysłu spożywczego decyduje poziom i struktura spożycia żywności. Spożycie głównych dóbr żywnościowych jest jednak mało wrażliwe na zmiany dochodów i dynamikę rozwoju gospodarczego kraju. Nie dotyczy to tylko krajów szybko rozwijających się. Natomiast w krajach rozwiniętych i średnio rozwiniętych względnie stabilny jest stan wyżywienia mierzony wartością odżywczą spożywanej żywności, a poprawa wyżywienia następuje w wyniku zmian struktury konsumpcji i zwiększania obudowy produktów żywnościowych różnego rodzaju usługami, ułatwiającymi dostęp do żywności, poprawiającymi wygodę korzystania z tego dobra, czy też wzrost zadowolenia z jej spożywania. Zwiększa się wartość pieniężna codziennej diety i rosną wydatki na zakupy produktów wyższej jakości i wyższej wartości dodanej. Zgodnie z prawem Engela wraz ze wzrostem dobrobytu zmniejsza się udział wydatków na żywność w wydatkach i dochodach gospodarstw domowych [6]. Rozwój przemysłu spożywczego kształtowany przez zmiany krajowego rynku żywności jest zwykle korygowany przez stan konkurencyjności tego sektora, który wpływa na skalę i charakter powiązań krajowej gospodarki żywnościowej z rynkami zagranicznymi.

Rozwój przemysłu spożywczego na tle otoczenia rynkowego

Przemysł spożywczy jest uznawany za najszybciej rozwijający się dział gospodarki żywnościowej. W całym okresie transformacji produkcja przemysłu spożywczego rozwijała się w średnim tempie 2,66% rocznie, tj. tylko nieco wolniej niż cała polska gospodarka. Było to tempo trzykrotnie szybsze niż produkcji rolnej (końcowej i towarowej) oraz prawie dwukrotnie szybsze od tempa wzrostu krajowego spożycia żywności, napojów i wyrobów tytoniowych (1,58% rocznie). W minionym dwudziestoleciu wyższe niż w przemyśle spożywczym było tempo rozwoju innych gałęzi przemysłu (o 1/3), a przede wszystkim obrotów zagranicznych produktami rolno-spożywczymi (4–5 razy).

Proporcje rozwojowe tych działów polskiej gospodarki były podobne w każdym z czterech wcześniej wyodrębnionych etapów jej przekształceń. I tak w pierwszych kilku latach transformacji nastąpiła znacząca redukcja ich działalności, największa w całej produkcji przemysłowej i w przemyśle spożywczym (o ok. 7,5% rocznie), wolniejsza całej gospodarki (4,5% rocznie) i polskiego rolnictwa (o ok. 3,8–4%), przy wyraźnej obronie wcześniej osiągniętego poziomu spożycia żywności, które w tym okresie obniżało się o 1,4% rocznie[1] (tab. 1). Te ubytki potencjału gospodarczego zostały z nadwyżką odbudowane w okresie dużego ożywienia w latach 1993–1998,

[1] W tym okresie nie ma wiarygodnych informacji o handlu zagranicznym, choć otwarcie naszej gospodarki sprzyjało wzrostowi obrotów w tym handlu, także produktami rolno-spożywczymi [4].

Tabela 1. Tempo zmian działalności sektora rolno-spożywczego

Wyszczególnienie	1988–1992	1993–1998	1999–2002	2003–2008	1988–2008
Tempo rozwoju w procentach rocznie					
Produkcja rolnictwa					
globalna	–3,75	2,43	–1,73	1,83	0,18
końcowa	–4,25	3,37	0,38	2,40	1,06
towarowa	–3,60	1,88	1,30	2,65	0,90
PKB	–4,45	5,55	2,77	5,10	2,86
Produkcja przemysłu spożywczego	–7,35	8,87	1,58	5,17	2,66
Produkcja przemysłowa	–7,35	8,58	3,03	8,38	4,22
Spożycie żywności, napojów i wyrobów tytoniowych	–1,43	3,20	1,18	2,25	1,58
Eksport rolno-spożywczy.	·	8,71	6,31	22,25	11,32
w tym: przemysłu spożywczego	·	12,99	6,95	22,58	12,83
Import rolno-spożywczy	·	13,07	2,63	17,40	12,23
w tym: przemysłu spożywczego	·	11,02	2,18	19,18	11,87
Przyrost w danym okresie (w procentach)					
Produkcja rolnictwa					
globalna	–14,7	14,1	–7,1	10,3	–0,3
końcowa	–15,5	19,6	1,0	14,8	15,6
towarowa	–13,7	10,6	3,8	16,5	17,2
PKB	–16,9	38,6	11,6	34,7	73,3
Produkcja przemysłu spożywczego	–28,1	66,2	6,4	35,0	71,8
Produkcja przemysłowa	–28,2	63,5	12,6	61,4	113,4
Spożycie żywności, napojów i wyrobów tytoniowych	–6,8	20,5	4,8	14,1	34,5
Eksport rolno-spożywczy	·	55,6	24,9	228,9	539,2
w tym: przemysłu spożywczego	·	97,1	26,0	234,7	731,2
Import rolno-spożywczy	·	100,1	9,8	159,9	471,0
w tym: przemysłu spożywczego	·	83,3	7,4	176,7	444,7

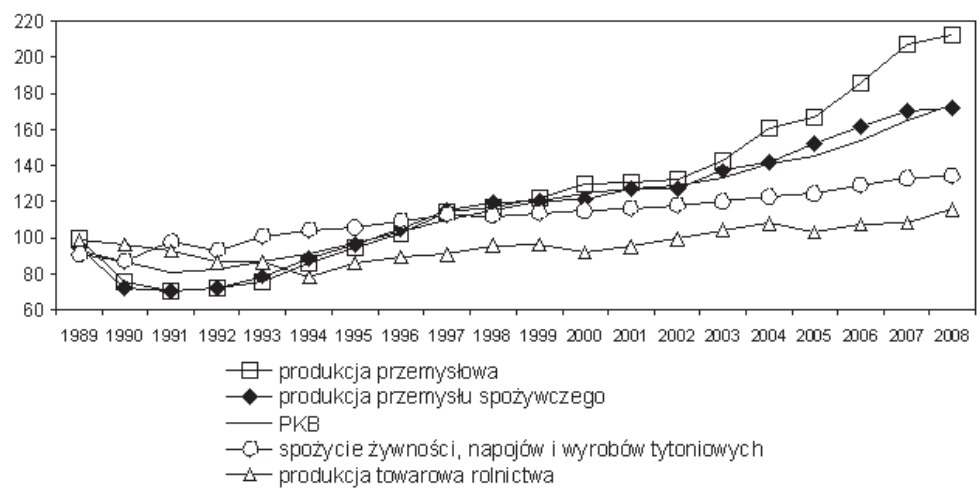
Źródło: dane GUS i obliczenia własne.

kiedy przemysł spożywczy i cały polski przemysł rozwijały się w tempie ok. 8,5–8,8% rocznie, przy wzroście produktu krajowego o 5,5% rocznie, produkcji rolnictwa o średnio 2,5% rocznie, a spożycia żywności o 3,2%. W tym okresie obroty handlu zagranicznego produktami rolno-spożywczymi wzrastały o ok. 8,7–13% rocznie, przy wyraźnie szybszym rozwoju eksportu wyrobów przemysłu spożywczego (13% rocznie) i wolniejszym importu tych wyrobów (11%). Po tym ożywieniu będącym efektem transformacji, nastąpił kilkuletni okres spowolnienia rozwoju lub nawet zastoju. W latach 1999–2002 przemysł spożywczy rozwijał się w tempie 1,6% rocznie, tj. ponad 5,5 razy wolniej niż w fazie poprzedniej, tempo wzrostu produkcji całego przemysłu i spożycia żywności obniżyło się prawie trzykrotnie, a PKB dwukrotnie. Nastąpiło to w warunkach niewielkiego spowolnienia rozwoju eksportu rolno-spożywczego, przy silnym, bo pięciokrotnym imporcie. W tym okresie pogor-

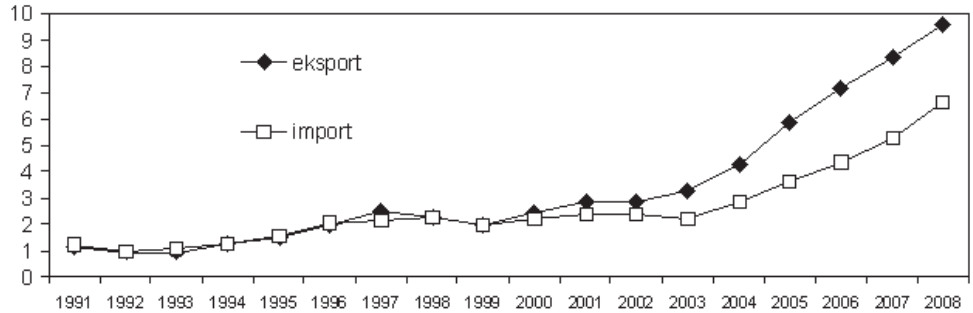
szyła się relacja między rozwojem przemysłu spożywczego a wzrostem PKB i produkcji przemysłowej.

Ten zastój w rozwoju był krótki, gdyż wejście Polski do UE wywołało kolejne ożywienie gospodarcze. W latach 2003–2008 przemysł spożywczy rozwijał się w tempie przekraczającym 5% rocznie, a więc 3,5 razy szybciej niż w latach 1999–2002, ale znacznie wolniej niż w latach poprzedniego ożywienia. Wzrost tego sektora był podobny jak całej polskiej gospodarki, ale wolniejszy niż innych gałęzi przemysłu. W tym okresie utrzymane zostały dotychczasowe relacje między rozwojem przemysłu spożywczego, rolnictwa i konsumpcji żywności, przy bardzo wysokim tempie wzrostu obrotów handlu zagranicznego (ok. 20% rocznie). To ostatnie zjawisko spowodowało, że prawie 50% przyrostu produkcji przemysłu spożywczego ulokowano na rynkach zagranicznych, a udział eksportu w wartości produkcji sprzedanej zwiększył się z 11% w latach 2000–2002 do 22% w 2008 roku i 24% w 2009 roku.

Przedstawione tendencje rozwojowe (rys. 1–2) wskazują, że przemysł spożywczy rozwija się ponad dwukrotnie szybciej niż rolnictwo i spożycie żywności i napojów oraz że stale wzrasta udział przetwórstwa w zagospodarowaniu produkcji rolnej i pokryciu potrzeb żywnościowych rynku krajowego. Dotychczas przemysł spożywczy rozwijał się podobnie jak cała nasza gospodarka i jest to czynnik decydujący o rozwoju i stanie tego sektora. Równocześnie od dziesięciu lat przemysł spożywczy rozwijał się wolniej niż cały przemysł, a duży wzrost eksportu i obrotów produktami przemysłu spożywczego wskazuje na szybki rozwój powiązania tego sektora z rynkami zagranicznymi.



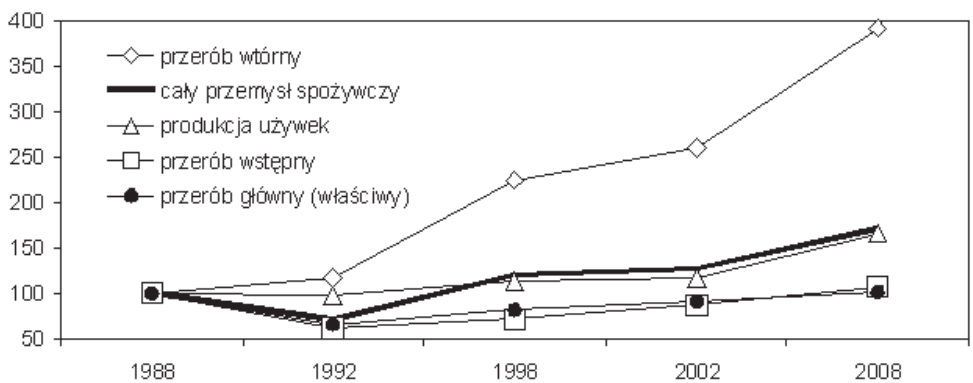
Rysunek 1. Rozwój przemysłu spożywczego w porównaniu z rozwojem gospodarczym Polski (w cenach stałych, 1988 = 100)
Źródło: dane GUS i obliczenia własne



Rysunek 2. Rozwój handlu zagranicznego produktami przemysłu spożywczego (w mld euro)
Źródło: dane Ministerstwa Finansów opracowane w IERiGŻ-PIB

Istotnym czynnikiem rozwoju przemysłu spożywczego był stale rosnący popyt na żywność wysoko przetworzoną. Jest to czynnik, który spowodował, że najbardziej dynamiczną częścią tego sektora było wtórne przetwórstwo żywności, tj. produkcja konserw, potraw, dań gotowych i innych wyrobów wieloskładnikowych oraz różnego rodzaju przekąsek, deserów i napojów bezalkoholowych. Produkcja tych wyrobów rozwijała się w każdym etapie transformacji w średnim tempie wzrostu 7,1% rocznie (od 4,1 do 11,5% rocznie), a jej wartość w ciągu dwudziestu lat zwiększyła się czterokrotnie. Pozostałe rodzaje przetwórstwa żywności (rys. 3) dość szybko rozwijały się tylko w niektórych etapach przekształceń, tj. wstępny przerób produktów rolnictwa w latach 1999–2008, produkcja używek tylko po wejściu do UE, a przerób główny w latach 1992–2002. Po dwudziestu latach transformacji przerób wstępny i główny tylko nieznacznie przekroczyły poziom z końca lat 80., a produkcja używek zwiększyła się podobnie jak całego przemysłu spożywczego (tj. o ok. 50%).

Przemysł spożywczy – podobnie jak cała gospodarka żywnościowa – okazał się, mimo szybkiego rozwoju powiązań z rynkami zagranicznymi, dość odporny na



Rysunek 3. Rozwój głównych działów przemysłu spożywczego
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS

światowy kryzys finansowy i gospodarczy. W czasie tego kryzysu miało miejsce duże spowolnienie wzrostu produkcji przemysłu spożywczego i detalicznej sprzedaży żywności tylko przez kilka miesięcy na przełomie lat 2008/2009, a później osiągnęły one dość wysoką dynamikę wzrostu. Podobne zjawisko, choć w większej skali, wystąpiło w eksporcie produktów rolno-spożywczych. Bardziej trwały charakter miała duża redukcja importu tych produktów.

Tabela 2. Przemysł spożywczy i gospodarka żywnościowa w okresie światowego kryzysu finansowego (przyrost w procentach w stosunku do tego samego okresu roku poprzedniego)

Wyszczególnienie	2008			2009			
	II kw.	III kw.	IV kw.	I kw.	II kw.	III kw.	IV kw.
PKB	6,0	5,1	3,0	0,8	1,1	1,7	3,1
Produkcja żywności[a] i napojów	9,0	0,1	0,4	1,6	0,2	5,9	6,7
Sprzedaż detaliczna żywności, napojów i wyrobów tytoniowych[a]	3,7	–0,4	1,5	3,1	4,8	4,8	4,8
Handel produktami rolno-spożywczymi							
eksport	23,3	9,7	13,7	4,1	–5,4	7,8	4,4
import	41,8	36,8	17,4	–4,2	–20,5	–13,7	–9,6

[a] Dotyczy tylko dużych i średnich firm przemysłowych i handlowych.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS publikowanych w Biuletynach Statystycznych 2008, nr 6, 9; 2009, nr 3, 6, 9, 12; 2010, nr 2.

Produktywność i stan ekonomiczny przemysłowych producetów żywności i napojów

Rozwój przemysłu spożywczego ma charakter intensywny, gdyż w tym sektorze notujemy szybki wzrost wydajności pracy i stały znaczący spadek zużycia energii i wody. Poprawa wydajności pracy wynika zarówno ze wzrostu produkcji, jak i malejącego zatrudnienia. Liczba pracujących w przemyśle spożywczym obniżyła się z 660 tys. osób w 1988 roku do ok. 500 tys. w 1992 roku, a później po przejściowym wzroście w latach 1993–1998 znów się zmniejszyła do 465 tys. osób w 2008 roku. W całym dwudziestoleciu zasoby pracy w tym przemyśle zmniejszyły się o 30%, co przy wzroście produkcji o 72% i wartości dodanej prawie o 25% (w latach 1995–2008) spowodowało wzrost wydajności pracy (w cenach stałych) mierzonej:

- wartością produkcji sprzedanej o 140%, w tym o 40% po wejściu do UE;
- wartością dodaną o 35% (1995–2008), przy czym ten przyrost w całości osiągnięty został po 2002 roku (tab. 3).

Obecny poziom wydajności pracy w przemyśle spożywczym jest podobny jak w innych działach polskiej gospodarki, z wyjątkiem rolnictwa, gdzie jest kilkakrotnie niższa. Jest to poziom o ok. 35% niższy w przemyśle spożywczym „starej" Unii, ale dystans ten systematycznie maleje.

Tabela 3. Wydajność pracy w przemyśle spożywczym na tle innych działów gospodarki i przemysłu spożywczego innych krajów Unii Europejskiej

Wyszczególnienie		Rok	Wydajność pracy w tys. zł mierzona wartością		Liczba pracujących [tys. osób]
			produkcji	wartości dodanej	
Przemysł spożywczy		1988	129	·	660
		1992	121	48[b]	503
		1998	179	51	570
		2002	226	51	480
		2008	310	65	465
Rolnictwo		2008	27	18	2089
Przemysł		2008	301	88	3103
Budownictwo		2008	246	101	840
Gospodarka narodowa		2008	188	79	14037
Przemysł spożywczy[a]	Polska	2005	136	·	473
	Niemcy	2005	167	·	845
	Holandia	2005	372	·	124
	Francja	2005	213	·	625
	UE-15	2005	211	·	3492
	UE-27	2005	186	·	4686

[a] W cenach porównywalnych, w tys. euro; [b] 1995 rok.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS i Eurostat.

O poprawie sprawności tego sektora świadczy także zmniejszenie zużycia energii i wody. W ciągu dwudziestu lat całkowite zużycie energii obniżyło się o 30%, a wody aż trzykrotnie (tab. 4). Jednostkowe zużycie energii zmniejszyło się o ponad 60%, a wody prawie pięciokrotnie. Postęp w wydajności pracy i energochłonności opłacono nieco zwiększoną majątkochłonnością produkcji[2].

Tabela 4. Zużycie czynników energetycznych w produkcji żywności i napojów

Wyszczególnienie	1988	1992	1998	2002	2008
A. Zużycie całkowite					
a) bezpośrednie energii w tys. TJ	124,4	94,3	128,3	92,0	87,3
b) wody w hm^3	268,5	180,9	133,4	98,4	95,7
B. Zużycie w przeliczeniu na 1 mld zł produkcji sprzedanej[a]					
a) bezpośrednie energii w tys. TJ	1,45	1,53	1,25	0,84	0,60
b) wody w hm^3	3,13	2,93	1,30	0,90	0,66

[a] Ceny stałe 2007 roku.
Źródło: opracowanie własne na podstawie Roczników Statystycznych Przemysłu 1990–2009.

[2] W latach 1995–2007 majątkochłonność produkcji zwiększyła się o 22,5%, a techniczne uzbrojenie pracy 2,5 razy [8].

Rozwój produkcji i duża poprawa produktywności wpłynęły na znaczące wzmocnienie siły ekonomicznej przemysłu spożywczego. Przemysł ten wytwarza wartość dodaną w kwocie 31 mld zł (w 2008 roku). Jest to poziom o ok. 17,5% wyższy niż w latach 1995–1998 (w cenach stałych) i o 20% wyższy niż w latach 2001–2003. Wzrost ten nie zapobiegł obniżeniu udziału wartości dodanej sektora w wytwarzaniu produktu krajowego brutto (PKB): w latach 1995–1998 wynosił on 3,6%, a w latach 2004–2008 – 2,7%. Rachunek wartości dodanej nie uwzględnia jednak faktu, że przemysł spożywczy jest płatnikiem ok. 30 mld zł podatków pośrednich; po ich uwzględnieniu udział tego przemysłu w wytwarzaniu PKB wynosi 5%.

Stan ekonomiczny firm sektora lepiej opisują wyniki finansowe przedsiębiorstw. W ostatnich latach przemysł spożywczy generował zyski w kwocie ok. 5 mld zł rocznie, co stanowiło ok. 3,5% wartości obrotów i ok. 12,5% kapitału własnego. Jest to wysoka rentowność kapitału, przynajmniej dwukrotnie wyższa niż innych bezpiecznych lokat (bankowych czy skarbowych). Przed wejściem do UE przemysł spożywczy osiągał znacznie gorsze wyniki finansowe; były one wysokie tylko po urynkowieniu, ale miały wtedy charakter inflacyjny.

Tabela 5. Stan ekonomiczny przemysłu spożywczego (wartość dodana i wynik finansowy)

Okres	Wartość dodana brutto			Wynik finansowy netto				Bieżąca płynność finansowa
	mld zł		proc. PKB	mld zł		w procentach		
	ceny bieżące	ceny stałe		ceny bieżące	ceny stałe	przychodów	kapitału własnego	
1989–1990	·	·	·	·	·	12,5	·	1,30
1991–1993	·	·	·	·	·	0,7	·	1,20
1994–1998	15,5[a]	23,3[a]	3,6[a]	0,7	1,3	1,3	·	1,26
1999–2000	21,5	24,5	3,2	–0,05	–0,07	–0,1	·	1,20
2001–2003	22,6	22,8	2,8	1,5	1,5	1,6	5,3	1,17
2004–2008	29,2	27,0	2,7	4,9	4,6	3,6	12,5	1,26
w tym:								
2004	24,5	23,7	2,7	4,6	4,5	3,9	12,0	1,27
2007	31,1	28,4	2,6	6,5	5,9	4,3	14,2	1,30
2008	31,3	27,4	2,5	4,1	3,6	2,6	9,3	1,23

[a] lata 1995–1998.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Istotne jest także to, że w okresie kryzysu (2008) nastąpiło obniżenie rentowności produkcji żywności i napojów, ale było to zjawisko przejściowe, spowodowane głównie wzrostem kosztów finansowych, a wyniki i wskaźniki finansowe w 2009 roku osiągnęły rekordowy poziom[3].

[3] W 2009 roku, po spadku w roku poprzednim, zysk netto firm spożywczych wyniósł 8,0 mld zł i był dwukrotnie wyższy niż w roku kryzysu, a rentowność wynosiła 4,7% przychodów i 15,7% kapitału własnego.

Przemiany strukturalne

W całym okresie transformacji dokonały się istotne zmiany strukturalne, wśród których na podkreślenie zasługuje:

- przyspieszona modernizacja całego przemysłu spożywczego, zmieniająca relacje między pracą i kapitałem;
- wzrost stopnia przetworzenia żywności;
- powstanie struktury podmiotowej sektora, sprzyjającej konkurencji.

W latach 1990–2008 w przemyśle spożywczym zainwestowano łącznie ok. 100 mld zł (w cenach 2003 roku), a stopa inwestowania kształtowała się w przedziale 6,2–8,0% bieżącej wartości brutto środków trwałych. Nakłady inwestycyjne w tym sektorze były duże w każdym okresie transformacji, przy czym były one najwyższe w latach 1996–1999 i po wejściu do UE. W 2008 roku osiągnęły one rekordowy poziom 7,5 mld zł (w cenach 2003 roku) i były dwukrotnie wyższe niż w latach 1990–1995. Istotne jest przy tym, że firmy inwestują głównie w aktywną część majątku, gdyż wydatki na wyposażenie stanowią ok. 70% wartości inwestycji (tab. 6). Efektem wysokiego poziomu inwestowania jest:

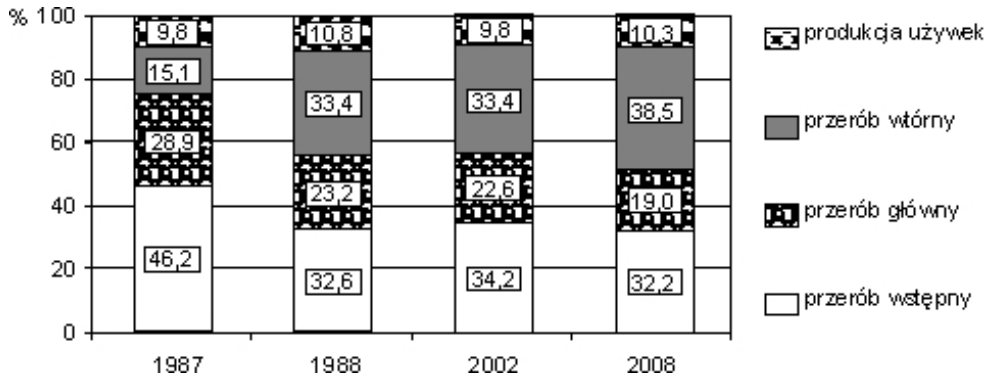
- szybkie i dobre dostosowanie zakładów przetwórczych do standardów UE [7];
- poprawa stanu technicznego przetwórstwa żywności, co zapewnia konkurencyjność sektora na rynkach zagranicznych [5] i kwalifikuje polski przemysł spożywczy do czołówki europejskiej pod względem nowoczesności;
- wspomniana poprawa efektywności wykorzystania głównych czynników przetwórstwa oraz zmiana relacji między tymi czynnikami.

Tabela 6. Inwestycje w przemyśle spożywczym

Okres	W mln zł rocznie		Stopa inwestowania[a]	Udział robót budowlano-montażowych
	ceny bieżące	ceny stałe		
1990–1992	1001	3710	7,9	38,5
1993–1995	1965	3730	6,3	25,1
1996–1999	4909	5805	8,0	26,8
2000–2002	4738	4868	6,2	30,1
2003–2008	6835	6580	7,1	30,8
w tym:				
2003	5708	5708	6,5	29,9
2008	8030	7550	7,3	30,3

[a] W procentach aktualizowanej wartości majątku trwałego.
Źródło: dane GUS i obliczenia własne.

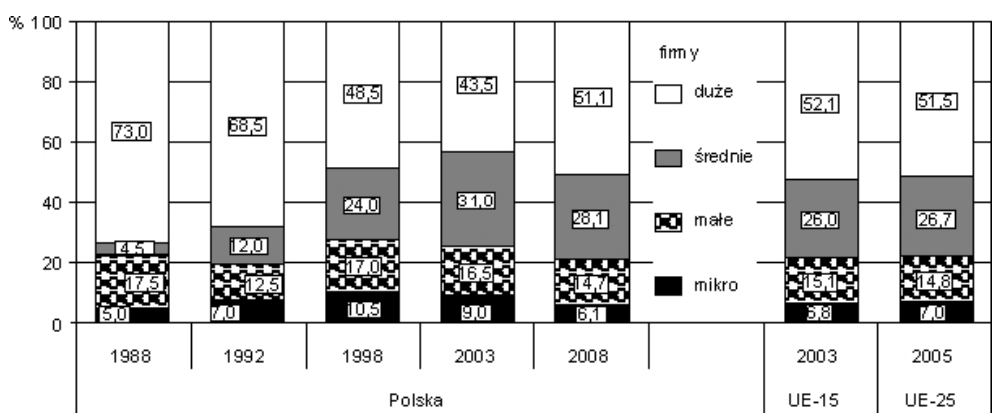
Wzrost stopnia przetworzenia żywności osiągnięto w wyniku gwałtownego zwiększenia udziału przetwórstwa wtórnego w produkcji przemysłu spożywczego (rys. 4). Dokonało się to głównie w latach 1988–1998 i było kontynuowane po wejściu Polski do UE. Równocześnie w strukturze produkcji sektora zmniejszył się udział przerobu wstępnego i wyrobów standardowych (przerobu głównego).



Rysunek 4. Struktury produkcyjne przemysłu spożywczego (w procentach wartości produkcji w cenach bazowych)
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Procesy transformacji wymusiły przemiany struktur podmiotowych przemysłu spożywczego, dostosowując je do nowych warunków gospodarowania. W pierwszych dwóch etapach przekształceń polegały one na szybkim odtworzeniu i wzmocnieniu pozycji małych i średnich firm, których udział w obrotach sektora zwiększył się z 27% w 1988 roku do ponad 50% w 1998 roku. Sprzyjało to odbudowie mechanizmu rynkowego w gospodarce żywnościowej. Ta tendencja była kontynuowana w latach 1998–2003, ale po wejściu do UE powróciły procesy koncentracji (rys. 5).

Po dwudziestu latach transformacji struktura podmiotowa przemysłu spożywczego jest zróżnicowana i płynna. Jest ona prawie identyczna jak w „starej" Unii, podobna jak w Niemczech, Hiszpanii i Francji, ale mniej skoncentrowana niż w krajach brytyjskich, skandynawskich i Beneluksu. W polskim przemyśle spożywczym nie ma układów monopolistycznych, a oligopole występują tylko w takich branżach, jak: piwna, tytoniowa, olejarska, spirytusowa i cukrownicza. Trzon każdego sektora



Rysunek 5. Struktura produkcji przemysłu spożywczego
Źródło: obliczenia własne na podstawie niepublikowanych danych GUS i danych CIAA

stanowi grupa liderów dużych i średnich firm, które pod względem struktury zasobów i sposobu działania nie różnią się od podobnych firm innych członków UE. Są to producenci żywności i napojów konkurencyjni na wspólnym rynku europejskim, których ważnym atutem i źródłem przewag są niższe koszty pracy. Siłę tego przemysłu wzmacnia wysoki stopień jego globalizacji[4].

Wnioski – perspektywy rozwoju polskiego przemysłu spożywczego

Przemiany przemysłu spożywczego, jakie się dokonały pod wpływem procesów transformacji systemowej i integracji europejskiej stworzyły trwałe podstawy do dalszego rozwoju tego sektora. Jest to przemysł nowoczesny i konkurencyjny na wspólnym rynku europejskim, posiadający bogatą i zróżnicowaną ofertę towarów żywnościowych oraz uczestniczący w procesach globalizacji. Producenci żywności i napojów dobrze wykorzystali szanse, jakie stwarzał szybki wzrost gospodarczy kraju i otwarcie dużego, zamożnego rynku europejskiego. Sektor ten wyróżnił się dużą odpornością na zjawiska kryzysowe, a stały postęp produktywności i efektywności przetwórstwa rolno-spożywczego umożliwia naszym producentom utrzymanie posiadanych przewag konkurencyjnych. Równocześnie malejące przewagi cenowo-kosztowe są rekompensowane stałą poprawą umiejętności działania firm na konkurencyjnym rynku, ich innowacyjnością i jakością kapitału ludzkiego.

Polska ma duże szanse na to, aby należała do grupy członków UE o najszybszym tempie wzrostu gospodarczego i stale zmniejszała dystans dzielący nas od rozwiniętych krajów europejskich. Stwarza to dobrą podstawę nie tylko dla poprawy jakości wyżywienia i dalszego wzrostu obudowy żywności różnego rodzaju usługami przetwórczymi, lecz także dla zwiększenia udziału rynku i przemysłu w pokryciu potrzeb konsumpcyjnych i w zagospodarowaniu produkcji rolnictwa.

Wymienione zjawiska tworzą zespół czynników umożliwiających utrzymanie w najbliższych latach (5–7) względnie szybkiego tempa rozwoju polskiego przemysłu spożywczego i dalszego wzmocnienia jego orientacji eksportowej. W tym okresie jest szansa na:

- wzrost przemysłowej produkcji żywności i napojów w tempie ok. 4–5% rocznie,
- zwiększenie udziału eksportu w produkcji tego sektora do 30% (z 24% w 2009 r.).

W średniej perspektywie nie ma dużych zagrożeń dla rozwoju polskiego przemysłu spożywczego. Mogą się one pojawić później, głównie wtedy, gdy jego konkurentem stanie się przemysł spożywczy krajów rozwijających się, korzystający z tańszej siły roboczej i z tańszych produktów rolnictwa.

---

4 Wynosi on już 40% [2].

Literatura

[1] Biuletyn Statystyczny GUS. 2008, nr 6, 9; 2009, nr 3, 6, 9, 12; 2010, nr 2.

[2] Chechelski P. 2008. Wpływ procesów globalizacji na polski przemysł spożywczy. *Studia i Monografie* 145, IERiGŻ–PIB, Warszawa: 52–72.

[3] Rocznik Statystyczny Przemysłu z lat 1990–2009.

[4] Rowiński J., Wigier M. 2004. Tendencje w handlu zagranicznym produktami rolno-spożywczymi. W: Przemiany przemysłu spożywczego w latach 1988–2003. *Studia i Monografie* 121, IERiGŻ, Warszawa: 40–47.

[5] Szczepaniak I., Ambroziak Ł. 2009. Ocena wskaźnikowa konkurencyjności handlu produktami rolno-spożywczymi. W: Ocena konkurencyjności polskich producentów żywności po akcesji do Unii Europejskiej (synteza), I. Szczepaniak (red.), seria Program Wieloletni 2005–2009, nr 150, IERiGŻ–PIB, Warszawa: 41–59.

[6] Świetlik K. 2008. Ceny żywności w procesie rynkowych przemian polskiej gospodarki (1994–2004). *Studia i Monografie* 141, IERiGŻ-PIB, Warszawa: 75–76.

[7] Urban R. 2009. Dostosowania polskiego przemysłu spożywczego do warunków Unii Europejskiej. *Roczniki Nauk Rolniczych*, *Seria G – Ekonomika Rolnictwa* 96(1): 7–15.

[8] Urban R. 2010. Produktywność i efektywność polskiego przemysłu spożywczego. *Przemysł Spożywczy* 1: 12.

State and development possibilities of Polish food industry

Key words: food industry, systemic changes, sector development, economic state, investments, structural changes, integration with the EU

Summary

Twenty years of systemic transformations changed the image of Polish food industry. It was developing at a pace similar to entire Polish economy during this period, and has been modernized and well adopted to the conditions of market economy and UE integration. At the same time the productivity of the sector and its economic potential has increased. Polish food industry is modern, competitive in common European market and resistant to the crisis phenomena. This is a firm basis for further development of Polish food processing industry. In view of the next 5–7 years it may increase its production at a rate of about 4–5% per year, at further significant increase in the share of export (up to 30% of sold production).

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 35–56

Potencjał i pozycja konkurencyjna polskiego sektora rolno-żywnościowego na rynku europejskim

Walenty Poczta
Katedra Ekonomii i Polityki Gospodarczej w Agrobiznesie,
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań
e-mail: poczta@up.poznan.pl

Słowa kluczowe: polski sektor rolno-żywnościowy na rynku UE, potencjał konkurencyjny, pozycja konkurencyjna

Wstęp

Celem artykułu jest zidentyfikowanie konkurencyjności potencjalnej (zasobowo-nakładowej) rolnictwa polskiego oraz pozycji konkurencyjnej (rezultatów konkurowana) produktów rolnictwa i przemysłu spożywczego na rynku europejskim w warunkach integracji z UE.

W miarę postępujących procesów globalizacji gospodarki światowej, regionalnej integracji gospodarczej oraz liberalizacji światowego handlu rolnego konkurencyjność, rozumiana jako zdolność konkurowania, stała się dominującym credo [19]. Będąc przedmiotem zainteresowania wielu dyscyplin naukowych, konkurencyjność jest rozpatrywana z różnych punktów widzenia, przy zróżnicowanym poziomie agregacji i z położeniem nacisku na aspekty istotne dla danej dyscypliny [1]. Zawsze jednak, jak wskazują Lubiński, Michalski i Misala [9], jest pojęciem wartościującym i określającym pewien stan pożądany. W naukach ekonomicznych pojęcie konkurencyjności może być odnoszone do podmiotów gospodarczych, sektorów gospodarek narodowych, krajów lub regionów. W artykule skupiono się na ocenie konkurencyjności sektorowej wybranych agregatów agrobiznesu.

Buckley, Pass i Prescott [2] wyróżniają: potencjał konkurencyjny (competitive potential), związany przede wszystkim z dostępnością zasobów lub czynników produkcji, pozycję konkurencyjną czyli rezultaty konkurowania (competitive performance) oraz procesy zarządzania konkurencyjnością (management process), określa-

jące optymalne działanie i wykorzystanie posiadanego potencjału w celu osiągnięcia określonej pozycji konkurencyjnej.

Analizę **potencjału konkurencyjnego** przeprowadzono w odniesieniu do sektora rolnego stawiając następujące pytania badawcze:

- Czy akcesja Polski do UE wpłynęła na strukturę sektora rolnego?
- Czy sytuacja strukturalna sektora rolnego w Polsce w okresie poakcesyjnym sprzyja poprawie jego potencjału konkurencyjnego?
- Jak kształtuje się produktywność czynników produkcji?

Pozycję konkurencyjną (rezultaty konkurowania) przeanalizowano łącznie dla całego sektora rolno-żywnościowego, tj. dla produktów rolnictwa (produktów roślinnych i zwierzęcych) oraz produktów przemysłu spożywczego w ujęciu analizy *ex post*.

Potencjał konkurencyjny polskiego rolnictwa po akcesji do UE[1]

Analizując potencjał polskiego sektora rolnego oraz wpływ WPR na rolnictwo polskie przedstawiono w ujęciu dynamicznym przemiany w sektorze rolnym w okresie poakcesyjnym w stosunku do sytuacji sprzed akcesji, a następnie sytuację w rolnictwie polskim odniesiono do występującej w rolnictwie UE oraz innych krajów członkowskich Unii, starając się tym sposobem ukazać potencjał zasobowy, nakładowy i strukturalny rolnictwa polskiego na tle rolnictwa Wspólnoty.

Zasoby i nakłady czynników produkcji oraz relacje między nimi

W ujęciu sektorowym, w okresie poakcesyjnym nie zaszły w rolnictwie polskim zasadnicze zmiany w zakresie wykorzystywanych zasobów czynników produkcji i ich nakładów (tab. 1). Po akcesji dominuje stabilizacja w zasobach ziemi rolniczej. W zasadzie żadnym zmianom nie ulegały nakłady pracy przedstawione poprzez liczbę rocznych jednostek pracy (AWU). Stabilny pozostawał też poziom nakładów kapitałowych (liczony jako suma zużycia pośredniego i amortyzacji). Brak zmian w zasobach i nakładach czynników produkcji lub ich stosunkowo niewielki wymiar sprawiły, że istotnym zmianom nie uległy również relacje między czynnikami produkcji i/lub ich nakładami. W warunkach **J**ednolitego **R**ynku **E**uropejskiego (JRE) istotne znaczenie ma porównanie zasobów i nakładów czynników produkcji w rolnictwie polskim oraz relacji miedzy czynnikami produkcji lub ich nakładami w odniesieniu do rolnictwa w całej UE (tab. 2). Rolnictwo polskie na tle UE-27 angażuje

[1] Wykorzystano fragmenty ekspertyzy wykonanej na zlecenie IERiGŻ-PIB w ramach tematu badawczego 4001 Polski sektor żywnościowy w pierwszych latach członkostwa [17].

Tabela 1. Powierzchnia UR, pełnozatrudnieni i nakłady kapitałowe w rolnictwie polskim i relacje między nimi w latach 2002–2009

Lata	Powierzchnia UR		Nakłady pracy		Nakłady kapitałowe (zużycie pośrednie i amortyzacja)	
	ogółem[a] [tys. ha]	na 1 AWU[b] [ha]	tys. AWU	na 1 AWU [tys. zł]	mln zł, (ceny stałe 2005 r.)	na 1 ha UR [tys. zł]
2002	16899,3	7,46	2266,8	18,6	42208,8	2,5
2003	16169,4	7,09	2279,4	18,3	41621,9	2,6
2004	16327,4	7,15	2283,6	18,9	43138,4	2,6
2005	15906,0	6,94	2291,9	18,1	41491,0	2,6
2006	15957,3	6,96	2291,9	18,3	41937,2	2,6
2007	16177,1	7,04	2299,3	18,4	42260,9	2,6
2008	16154,3	6,88	2349,3	18,0	42328,9	2,6
2009	15607,7	7,05	2213,8	19,3	42722,7	2,7

[a] Do roku 2006 do użytków rolnych zaliczano: grunty orne (w tym odłogi i ugory), sady, łąki i pastwiska, natomiast od roku 2007 do użytków rolnych zalicza się: grunty orne, sady łąki i pastwiska w dobrej kulturze rolnej – utrzymywane zgodnie z normami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12.03.2007 w sprawie minimalnych norm (Dz.U. Nr 46, poz, 306), które wypełniają podstawowe wymagania określone w art. 5 rozporządzenia Rady WE Nr 1782/2003 oraz użytki rolne pozostałe. Dane od roku 2007 nie są w pełni porównywalne z danymi za lata wcześniejsze.
[b] 1 AWU (ang. **A**nnual **W**ork **U**nit – roczna jednostka pracy); GUS przyjmuje 2120 godzin pracy w roku (265 dni x 8 godz.).
Źródło: Rolnictwo w 2007 r., GUS, Warszawa 2008; Rolnictwo w 2008 r., GUS, Warszawa 2009; PSR 2002; Systematyka i charakterystyka gospodarstw rolnych, GUS Warszawa 2003; Charakterystyka gospodarstw rolnych w 2005 r., GUS, Warszawa 2006; Charakterystyka gospodarstw rolnych w 2007 r., GUS, Warszawa 2008; Rachunki Ekonomiczne Rolnictwa, Eurostat 2010, obliczenia własne.

znaczące zasoby ziemi i nakłady pracy. Nakłady pracy w rolnictwie polskim stanowią 20% całości nakładów pracy we Wspólnocie, i są najwyższymi wśród wszystkich państw członkowskich, natomiast zasoby ziemi w rolnictwie polskim stanowią 9% ogółu użytków rolnych. Wyraźnie niższy udział rolnictwo polskie odnotowuje w ponoszonych nakładach kapitałowych, które stanowią około 5,2% nakładów kapitałowych ponoszonych przez rolnictwo UE-27. Dysproporcje te powodują, że mniejsze niż w Polsce zasoby ziemi, przypadające na jednego pracującego w rolnictwie, występują tylko w Bułgarii, Słowenii i Rumunii oraz Cyprze i Malcie, czyli w krajach, których rolnictwo (poza Bułgarią i Rumunią w nielicznych asortymentach produkcji) bynajmniej nie jest konkurencyjne względem polskiego sektora rolnego ze względu zarówno na rozmiary produkcji, jak i jej strukturę asortymentową (tab. 3). Ponoszone nakłady kapitałowe w rolnictwie polskim w przeliczeniu na jedną jednostkę pracy są 3,8 razy niższe niż średnio w całej UE-27 i prawie 7 razy niższe niż w UE-15 (niższe niż w Polsce są tylko w Bułgarii i Rumunii). Te dwie relacje obrazujące wyposażenie czynnika aktywnego w procesie wytwarzania, jakim jest praca w pozostałe dwa czynniki produkcji, tj. ziemię i kapitał, dowodzą słabej sytuacji konkurencyjnej rolnictwa polskiego w zakresie potencjału konkurencyjnego oraz są przesądzające dla niskiej wydajności pracy w ujęciu sektorowym. Także do jednej z niższych w UE-27 należy

Tabela 2. Powierzchnia UR, nakłady pracy i nakłady kapitałowe w rolnictwie UE w 2007 r.

Kraje	Powierzchnia UR		Nakłady pracy		Nakłady kapitałowe (zużycie pośrednie i amortyzacja)	
	tys. ha[a]	%	tys. AWU	%	mln euro	%
Austria	3189	1,9	156,8	1,3	5085,30	2,0
Belgia	1374	0,8	66,0	0,6	5648,80	2,2
Bułgaria	2729	1,6	494,4	4,2	2202,40	0,9
Cypr	152	0,1	26,0	0,2	305,90	0,1
Czechy	3518	2,0	138,1	1,2	3606,90	1,4
Dania	2663	1,5	58,4	0,5	7948,10	3,2
Estonia	907	0,5	32,9	0,3	467,50	0,2
Finlandia	2292	1,3	68,5	0,6	4099,30	1,6
Francja	27591	16,0	900,8	7,7	4236,40	18,8
Grecja	3984	2,3	583,7	5,0	5416,80	2,2
Hiszpania	24855	14,4	939,2	8,0	20549,20	8,2
Holandia	1914	1,1	192,0	1,6	16993,00	6,7
Irlandia	4139	2,4	143,8	1,2	4786,20	1,9
Litwa	2649	1,5	114,0	1,0	1505,70	0,6
Luksemburg	131	0,1	3,7	0,0	231,70	0,1
Łotwa	1774	1,0	107,4	0,9	788,30	0,3
Malta	10	0,0	4,2	0,0	74,20	0,0
Niemcy	16932	9,8	554,2	4,7	37633,10	14,9
Polska	15477	9,0	2299,3	19,7	13018,90	5,2
Portugalia	3680	2,1	374,2	3,2	5182,80	2,1
Rumunia	13907	8,1	2216,0	18,9	10308,10	4,1
Słowacja	1879	1,1	90,9	0,8	1725,30	0,7
Słowenia	489	0,3	84,0	0,7	896,80	0,4
Szwecja	3118	1,8	68,5	0,6	4444,70	1,8
Węgry	4229	2,5	459,3	3,9	5090,90	2,0
W. Brytania	15894	9,2	281,1	2,4	17440,70	6,9
Włochy	12708	7,4	1215,0	10,4	30062,30	11,9
UE-15	124465	72,3	5628,4	48,1	212758,70	84,5
UE-12	47719	27,7	6066,9	51,9	39094,30	15,5
UE-27	172184	100,0	11695,3	100,0	251853,00	100,0

[a] Uwzględniono tylko użytki rolne w tzw. dobrej kulturze.
Źródło: Eurostat i obliczenia własne.

w Polsce relacja nakłady kapitału–zasoby ziemi – jest ona w polskim rolnictwie prawie dwukrotnie niższa niż średnio w UE-27 i wyznacza względnie niską intensywność wytwarzania w rolnictwie polskim, a tym samym niską produktywność ziemi. Stosunkowo niska intensywność wytwarzania i wynikająca z niej niska produktywność ziemi, w warunkach zaspokojenia popytu wewnętrznego i uzyskiwania nadwyżek w handlu zagranicznym produktami rolno-żywnościowymi oraz w przypadku występujących możliwości stosowania tańszych nakładów, nie uprawnia do negatywnych ocen, jednakże pod warunkiem, że jest to wybór, który prowadzi do produkcji tańszej

Tabela 3. Relacje między czynnikami i/lub nakładami produkcji w rolnictwie UE w 2007 r.

Kraje	Powierzchnia UR na 1 zatrudnionego [ha]	Wartość nakładów kapitałowych (zużycie pośrednie i amortyzacja) na 1 AWU (tys. euro)	Wartość nakładów kapitałowych (zużycie pośrednie i amortyzacja) na 1 ha UR (tys. euro)
Austria	20,34	32,43	1,59
Belgia	20,82	85,59	4,11
Bułgaria	5,52	4,45	0,81
Cypr	5,85	11,77	2,01
Czechy	25,47	26,12	1,03
Dania	45,60	136,10	2,98
Estonia	27,57	14,21	0,52
Finlandia	33,46	59,84	1,79
Francja	30,63	52,44	1,71
Grecja	6,83	9,28	1,36
Hiszpania	26,46	21,88	0,83
Holandia	9,97	88,51	8,88
Irlandia	28,78	33,28	1,16
Litwa	23,24	13,21	0,57
Luksemburg	35,41	62,62	1,77
Łotwa	16,52	7,34	0,44
Malta	2,38	17,67	7,42
Niemcy	30,55	67,91	2,22
Polska	6,73	5,66	0,84
Portugalia	9,83	13,85	1,41
Rumunia	6,28	4,65	0,74
Słowacja	20,67	18,98	0,92
Słowenia	5,82	10,68	1,83
Szwecja	45,52	64,89	1,43
Węgry	9,21	11,08	1,20
W. Brytania	56,54	62,04	1,10
Włochy	10,46	24,74	2,37
UE-15	22,11	37,80	1,71
UE-12	7,87	6,44	0,82
UE-27	14,72	21,53	1,46

Źródło: Eurostat i obliczenia własne.

poprzez niższą kapitałochłonność wytwarzania. Jednak w części gospodarstw rolnych w Polsce ekstensywna produkcja rolna nie jest wyborem gospodarujących, a przymusem wynikającym z braków kapitału i/lub umiejętności gospodarujących[2]. Taki rodzaj ekstensywności w rolnictwie nie może być uznany za racjonalny.

2 Na przykład w ostatnich latach kwalifikowanym materiałem nasiennym jest obsiewane w Polsce zaledwie kilkanaście procent powierzchni zasiewów zbóż.

Struktura obszarowa gospodarstw rolnych

Zagadnienie przemian struktury gospodarstw rolnych oraz efektywnego wykorzystania zgromadzonych w nich zasobów w okresie poakcesyjnym podnosi wielu autorów [4, 7, 8, 10, 17]. W latach 2002–2007 można zaobserwować pewne zmiany struktury obszarowej gospodarstw, jednak ich większa intensywność miała miejsce w okresie 2002–2005, niż w latach 2005–2007 (tab. 4). Do 2005 roku ogólna liczba gospodarstw rolnych[3] w Polsce uległa zmniejszeniu z 2933,2 tys. do 2733,4 tys., czyli o prawie 200 tysięcy, przy czym ubytek dotyczył głównie gospodarstw powyżej 1 ha UR, a w szczególności gospodarstw od 1–20 ha UR. Można stwierdzić, że w latach 2002–2005 zaznaczył się proces polaryzacji struktury obszarowej gospodarstw rolnych, bowiem pozostawała prawie niezmieniona liczba działek rolnych (do 1ha UR) i rosła liczba gospodarstw największych, o obszarze powyżej 20 ha UR. Podobne tendencje dotyczyły obszaru użytkowanej ziemi rolniczej, jej obszar rósł w gospodarstwach dużych (powyżej 20 ha UR), z wyjątkiem gospodarstw największych (powyżej 100 ha UR, ze względu na postępujący proces prywatyzacji dawnego sektora państwowego w rolnictwie i przepływ ziemi z tej grupy gospodarstw do gospodarstw prywatnych o mniejszym, ale nadal dużym obszarze UR). Wyraźnemu zmniejszeniu ulegała natomiast powierzchnia gruntów w gospodarstwach rolnych o obszarze 1–20 ha UR (tab. 4).

W okresie 2005–2007 liczba gospodarstw rolnych ulegała dalszemu zmniejszeniu, ale dotyczyło to głównie działek rolnych o obszarze do 1 ha UR, bowiem ich liczba zmniejszyła się o ponad 175 tysięcy, natomiast liczba gospodarstw rolnych o obszarze powyżej 1 ha UR wzrosła w tym okresie o 21 tysięcy. Ponadto, zauważalnemu zmniejszeniu uległa także liczba gospodarstw rolnych o obszarze 1–2 ha UR. Można domniemywać, że zmniejszenie liczby działek wynika z nieobjęcia gruntów tych gospodarstw dopłatami bezpośrednimi, to samo może dotyczyć części gospodarstw 1–2 ha UR, które nie są w stanie udokumentować prowadzenia działalności rolniczej na powierzchni co najmniej 1 ha UR. W pozostałych grupach obszarowych występowała stabilizacja liczby gospodarstw lub umiarkowany przyrost ich liczby. Przyrost liczby gospodarstw ujawnił się w gospodarstwach małych (2–10 ha UR) i w dużych (powyżej 30 ha). Może to oznaczać, że w okresie akcesji Polski do UE nastąpiło pewne przewartościowanie znaczenia pojęcia „gospodarstwo najmniejsze obszarowo" i obejmuje ono obecnie gospodarstwa 2–10 ha, a zgodnie z prawidłowością znaną jako „polaryzacja struktury agrarnej" dotyczy tej właśnie grupy gospodarstw i gospodarstw dużych (obecnie powyżej 30 ha UR). Natomiast gospodarstwa najmniejsze (do 2 ha UR), ze względu na brak możliwości lub trudności w pozyskiwaniu dopłat UE, tracą szybko na znaczeniu. Podobne prawidłowości ujawniły się także w zakresie władania ziemią według grup obszarowych w latach 2005–2007. Przyrost

---

3 Tzn. obejmująca wszystkie gospodarstwa rolne – prowadzące i nie prowadzące produkcji.

Tabela 4. Zmiany w strukturze obszarowej gospodarstw rolnych

Liczba gospodarstw rolnych	2002		2005		2007		różnica (tys.)		2007	
	tys.	struktura [%]	tys	struktura [%]	tys	struktura [%]	2007–2002	2007–2005	2002 = 100	2005 = 100
Ogółem	2933228	100	2733364	100	2579178	100	–354050	–154186	87,9	94,4
Do 1 ha	977087	33,3	946679	34,6	771134	29,9	–205953	–175545	78,9	81,5
Powyżej 1ha razem	1956141	100	1786685	100	1808044	100	–148097	21359	92,4	101,2
w tym 1–2 ha	517040	26,4	446962	25	422610	23,4	–94430	–24352	81,7	94,6
2–3 ha	281161	14,4	258743	14,5	273779	15,1	–7382	15036	97,3	105,8
3–5 ha	348689	17,8	326736	18,3	340485	18,8	–8204	13749	97,6	104,2
5–10 ha	426869	21,8	388513	21,7	400152	22,1	–26717	11639	93,7	103,0
10–-15 ha	182685	9,3	167793	9,4	166595	9,2	–16090	–1198	91,2	99,3
15–20 ha	83938	4,3	77245	4,3	77597	4,3	–6341	352	92,4	100,5
20–30 ha	64265	3,3	64428	3,6	65351	3,6	1086	923	101,7	101,4
30–50 ha	31678	1,6	34728	1,9	37372	2,1	5694	2644	117,9	107,6
50–100 ha	12394	0,6	13868	0,8	15995	0.9	3601	2127	129,1	115,3
≥100 ha	7422	0,4	7668	0,4	8109	0,5	687	441	109,3	105,8
Powierzchnia użytków rolnych w gospodarstwach	tys. ha	struktura [%]	tys. ha	struktura [%]	tys. ha	struktura [%]	2007–2002	2007–2005	2002 = 100	2005 = 100
Ogółem	16899,3	100	15906,0	100	16177,1	100	–722,2	271,1	95,7	101,7
Do 1 ha	396,5	2,3	378,4	2,4	330,8	2	–65,1	–47,6	83,4	87,4
Powyżej 1ha razem	16502,8	100	15527,6	100	15846,3	100	–656,5	318,7	96	102,1
w tym 1–2 ha	725,3	4,4	638	4,1	613,4	3,9	–111,9	–24,6	84,6	96,1
2–3 ha	685	4,2	628,5	4	667,7	4,2	–17,3	39,2	97,5	106,2
3–5 ha	1354,2	8,2	1267,3	8,2	1323,2	8,4	–31	55,9	97,7	104,4
5–10 ha	3031,6	18,4	2762,6	17,8	2838,2	17,9	–193,4	75,6	93,6	102,7
10–15 ha	2216,0	13,3	2036,8	13,1	2021,8	12,8	–194,2	–15	91,2	99,3
15–20 ha	1440,4	8,7	1328,1	8,6	1335,2	8,4	–105,2	7,1	92,7	100,5
20–30 ha	1541,2	9,3	1552,5	10	1572,1	9,9	30,9	19,6	102	101,3
30–50 ha	1181,4	7,2	1304,5	8,4	1397,2	8,8	215,8	92,7	118,3	107,1
50–100 ha	829,9	5	927,8	6	1071,6	6,8	241,7	143,8	129,1	115,5
≥100 ha	3497,8	21,2	3081,6	19,8	3005,8	19	–492	–75,8	85,9	97,5

Źródło: Systematyka i charakterystyka gospodarstw rolnych, PSR 2002, GUS, Warszawa 2003; Charakterystyka gospodarstw rolnych w 2005 r., GUS, Warszawa 2006; Charakterystyka gospodarstw rolnych w 2007 r., GUS, Warszawa 2008; obliczenia własne.

dotyczył zasobów ziemi w gospodarstwach małych (2–10 ha) oraz dużych (30–100 ha UR), z kolei wyraźny spadek obszaru UR odnotowano w grupie gospodarstw do 2 ha UR. Ponadto nastąpił, ale z innych przyczyn związanych z przekształceniami dawnego sektora państwowego, relatywnie niewielki ubytek zasobów ziemi w gospodarstwach największych (powyżej 100 ha UR).

W całym analizowanym okresie 2002–2007 nastąpił spadek liczby gospodarstw najmniejszych, zarówno poniżej 1 ha, jak i gospodarstw w grupie od 1–20 ha, natomiast wzrosła liczba gospodarstw powyżej 20 ha, a w szczególności gospodarstw o obszarze 30–100 ha. Zwiększeniu uległ również obszar UR we władaniu gospodarstw powyżej 20 ha, przy czym najbardziej widoczny był on w grupie gospodarstw 30–100 ha, natomiast spadek powierzchni gruntów zaobserwowano w grupie obszarowej powyżej 100 ha, co wiąże się z zachodzącymi przemianami strukturalnymi w dawnym sektorze państwowym.

Wskazane przemiany w strukturze obszarowej rolnictwa, aczkolwiek widoczne, nadal są słabe i nie powodują istotnych przeobrażeń strukturalnych w rolnictwie polskim. Największym mankamentem tej struktury jest fakt, że nadal większość zasobów ziemi rolniczej znajduje się we władaniu gospodarstw bardzo małych, małych i średnich (do 20 ha UR). W rezultacie, w większości gospodarstw rolnych wadliwe pozostają relacje między czynnikami produkcji, szczególnie między pracą a ziemią, a tym samym niska jest wydajność pracy i niski poziom uzyskiwanych dochodów, co rodzi problemy ekonomiczne i socjalne w skali mikro (gospodarstwa rolnego i gospodarstwa domowego) oraz bardzo ograniczone lub niemożliwe są procesy reprodukcji rozszerzonej majątku.

Konieczności przemian struktury obszarowej gospodarstw rolnych w Polsce dowodzi jej porównanie z występującą w wielu krajach Unii Europejskiej. W Polsce w 2007 roku liczba gospodarstw rolnych prowadzących działalność wynosiła niemal 2,4 mln, co stanowiło blisko 17% ogółu gospodarstw rolnych we Wspólnocie. Większa liczba gospodarstw rolnych występowała tylko w rolnictwie rumuńskim (tab. 5). W Polsce gospodarstwa małe (do 10 ha UR) liczą ponad dwa miliony i stanowią 84,7% ogółu gospodarstw prowadzących działalność. Bardziej istotne jest jednak to, że skupiają one aż 5,5 mln ha całości UR, czyli około 35% (tab. 5 i 6). Tak znaczny odsetek UR w gospodarstwach najmniejszych i małych, pomijając Maltę i Cypr, występuje tylko w rolnictwie greckim, słoweńskim i rumuńskim, z tym że poza rolnictwem rumuńskim rolnictwo pozostałych wymienionych krajów nie stanowi istotnej konkurencji dla rolnictwa polskiego.

Niezwykle niski jest w rolnictwie polskim odsetek gospodarstw rolnych większych obszarowo. Gospodarstwa rolne o obszarze powyżej 50 ha stanowią tylko 1% wszystkich, a gospodarstwa o obszarze 20–50 ha – 4,3%. Ważne, z punktu widzenia konkurencyjności polskiego sektora rolnego, jest to, że tylko w nielicznych krajach UE w gospodarstwach większych obszarowo jest skoncentrowana tak mała część

Tabela 5. Struktura obszarowa gospodarstw rolnych w krajach Unii Europejskiej w 2007 roku[a]

Kraj	Liczba gospodarstw [tys.][b]	Gospodarstwa w grupach obszarowych									
		0–5 ha		5–10 ha		10–20 ha		20–50 ha		>50 ha	
		tys.	%	tys.	%	tys.	%	tys.	%	tys.	%
Austria	164,8	54,7	33,2	30,1	18,3	35,3	21,4	33,3	20,2	11,3	6,9
Belgia	48,0	12,2	25,4	6,0	12,5	7,7	16,0	13,3	27,7	8,8	18,3
Bułgaria	520,5	497,1	95,5	10,4	2,0	4,8	0,9	2,9	0,6	5,3	1,0
Cypr	45,2	39,4	87,2	3,1	6,9	1,5	3,3	0,8	1,8	0,4	0,9
Czechy	38,9	19,3	49,6	4,5	11,6	4,0	10,3	4,5	11,6	6,6	17,0
Dania	44,4	1,4	3,2	8,8	19,8	8,4	18,9	10,5	23,6	15,3	34,5
Estonia	23,3	8,4	36,1	5,1	21,9	4,2	18,0	3,0	12,9	2,6	11,2
Finlandia	67,9	6,4	9,4	8,5	12,5	14,7	21,6	24,2	35,6	14,1	20,8
Francja	567,1	147,7	26,0	52,2	9,2	58,0	10,2	109,5	19,3	199,7	35,2
Grecja	833,6	636,4	76,3	109,0	13,1	53,0	6,4	28,2	3,4	7,0	0,8
Hiszpania	1079,4	577,2	53,5	165,0	15,3	126,1	11,7	111,4	10,3	99,7	9,2
Holandia	76,7	21,5	28,0	11,0	14,3	12,1	15,8	21,0	27,4	11,2	14,6
Irlandia	128,1	8,3	6,5	16,2	12,6	30,5	23,8	50,4	39,3	22,7	17,7
Litwa	230,3	139,3	60,5	46,4	20,1	24,7	10,7	13,0	5,6	6,9	3,0
Luksemburg	2,3	0,4	17,4	0,2	8,7	0,2	8,7	0,4	17,4	1,1	47,8
Łotwa	107,7	44,0	40,9	27,1	25,2	20,8	19,3	10,8	10,0	5,1	4,7
Malta	11,0	10,7	97,3	0,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Niemcy	370,5	83,6	22,6	51,0	13,8	68,7	18,5	81,9	22,1	85,4	23,0
Polska	2380,1	1626,4	68,3	389,4	16,4	239,3	10,1	101,4	4,3	23,6	1,0
Portugalia	323,9	242,3	74,8	37,0	11,4	21,5	6,6	12,8	4,0	10,3	3,2
Rumunia	4256,2	3870,7	90,9	289,7	6,8	65,9	1,5	16,1	0,4	13,8	0,3
Słowacja	68,5	61,7	90,1	1,9	2,8	1,2	1,8	1,1	1,6	2,6	3,8
Słowenia	75,3	44,5	59,1	19,1	25,4	8,6	11,4	2,8	3,7	0,4	0,5
Szwecja	72,4	10,7	14,8	13,2	18,2	14,1	19,5	16,5	22,8	17,9	24,7
Węgry	626,1	560,0	89,4	24,4	3,9	17,2	2,7	12,4	2,0	12,2	1,9
Wielka Brytania	286,7	106,9	37,3	28,1	9,8	30,6	10,7	46,8	16,3	74,3	25,9
Włochy	1728,5	1271,7	73,6	205,9	11,9	130,7	7,6	81,6	4,7	38,6	2,2
UE-15	5794,3	3181,3	54,9	742,1	12,8	611,6	10,6	641,8	11,1	617,4	10,7
UE-12	8383,1	6921,5	82,6	821,4	9,8	392,1	4,7	168,7	2,0	79,4	0,9
UE-27	14177,4	10102,9	71,3	1563,5	11,0	1003,7	7,1	810,5	5,7	696,8	4,9

[a] Dane dla Bułgarii, Cypru, Francji, Grecji, Hiszpanii, Portugalii, Rumunii, Słowacji, Wielkiej Brytanii i Włoch z 2005 r.
[b] Tylko gospodarstwa rolne prowadzące działalność.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat.

całości zasobów ziemi rolniczej. Średnio w UE-27 w gospodarstwach powyżej 20 ha UR jest skoncentrowane 76,8% całości UR, a w krajach UE-15 prawie 85% UR. W Polsce ten odsetek w przypadku gospodarstw powyżej 20 ha stanowi 43,2%, a powyżej 50 ha tylko 24,3% (tab. 5 i 6). Podobnie jak w przypadku analizy struktury gospodarstw rolnych, pomijając rolnictwo cypryjskie i maltańskie, mniejszy odsetek UR w gospodarstwach powyżej 20 ha, niż w rolnictwie polskim występuje tylko

Tabela 6. Struktura użytkowania ziemi w krajach Unii Europejskiej w 2007 roku[a]

Kraj	Powierzchnia UR [tys. ha][b]	Powierzchnia UR w grupach obszarowych									
		0–5 ha		5–10 ha		10–20 ha		20–50 ha		>50 ha	
		tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%
Austria	3189	140	4,4	218	6,8	510	16,0	1023	32,1	1298	40,7
Belgia	1374	24	1,7	43	3,1	112	8,2	438	31,9	757	55,1
Bułgaria	2729	359	13,2	67	2,5	60	2,2	85	3,1	2158	79,1
Cypr	152	47	30,9	22	14,5	20	13,2	24	15,8	39	25,7
Czechy	3518	29	0,8	31	0,9	56	1,6	141	4,0	3260	92,7
Dania	2663	3	0,1	63	2,4	121	4,5	337	12,7	2138	80,3
Estonia	907	22	2,4	36	4,0	59	6,5	91	10,0	698	77,0
Finlandia	2292	18	0,8	64	2,8	219	9,6	783	34,2	1208	52,7
Francja	27591	293	1,1	373	1,4	834	3,0	3727	13,5	22364	81,1
Grecja	3984	1052	26,4	747	18,8	721	18,1	831	20,9	633	15,9
Hiszpania	24855	1176	4,7	1165	4,7	1770	7,1	3449	13,9	17295	69,6
Holandia	1914	46	2,4	79	4,1	176	9,2	702	36,7	911	47,6
Irlandia	4139	26	0,6	123	3,0	457	11,0	1634	39,5	1900	45,9
Litwa	2649	381	14,4	322	12,2	339	12,8	390	14,7	1217	45,9
Luksemburg	131	1	0,8	2	1,5	3	2,3	13	9,9	112	85,5
Łotwa	1774	103	5,8	193	10,9	288	16,2	320	18,0	870	49,0
Malta	10	8	80,0	2	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Niemcy	16932	217	1,3	371	2,2	1025	6,1	2724	16,1	12595	74,4
Polska	15477	2724	17,6	2764	17,9	3292	21,3	2931	18,9	3766	24,3
Portugalia	3680	417	11,3	255	6,9	293	8,0	387	10,5	2328	63,3
Rumunia	13907	5102	36,7	1927	13,9	850	6,1	470	3,4	5558	40,0
Słowacja	1879	44	2,3	13	0,7	17	0,9	34	1,8	1771	94,3
Słowenia	489	107	21,9	134	27,4	116	23,7	781	6,0	531	0,8
Szwecja	3118	35	1,1	96	3,1	203	6,5	533	17,1	2251	72,2
Węgry	4229	289	6,8	166	3,9	234	5,5	381	9,0	3160	74,7
Wielka Brytania	15894	144	0,9	203	1,3	444	2,8	154	79,7	13556	85,3
Włochy	12708	2057	16,2	1412	11,1	1811	14,3	2487	19,6	4941	38,9
UE-15	124465	5649	4,5	5214	4,2	8699	7,0	20615	16,6	84287	67,7
UE-12	47720	9215	19,3	5677	11,9	5332	11,2	4944	10,4	22551	47,3
UE-27	172184	14864	8,6	10891	6,3	14031	8,1	25559	14,8	106838	62,0

[a] Dane dla Bułgarii, Cypru, Francji, Grecji, Hiszpanii, Portugalii, Rumunii, Słowacji, Wielkiej Brytanii i Włoch z 2005 r.
[b] Dotyczy użytków rolnych w gospodarstwach rolnych w dobrej kulturze.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat.

w rolnictwie greckim, słoweńskim i rumuńskim. Warto przy tym wskazać, że w rolnictwie rumuńskim w gospodarstwach o obszarze powyżej 50 ha UR znajduje się 40% całości UR, a rolnictwie polskim tylko 24,3%.W krajach zachodnich i północnych Wspólnoty oraz na Węgrzech, Słowacji i w Czechach, gdzie struktura asortymentowa produkcji jest podobna do występującej w rolnictwie polskim, w gospodarstwach największych skupione jest zwykle około 75–90% całości UR.

Dokonane porównania dowodzą wadliwości strukturalnej rolnictwa polskiego i wskazują na konieczność przeobrażeń strukturalnych w rolnictwie polskim. Ponieważ wadliwa struktura agrarna jest główną przyczyną niskiej produktywności pracy i kapitału oraz czynnikiem hamującym postęp produkcyjny, konieczne są procesy koncentracji prowadzące do wyodrębnienia się grupy gospodarstw konkurencyjnych i powiązanych z rynkiem rolnym, nie tylko polskim, ale także unijnym i światowym [15]. Warunki, w których rolnictwo polskie funkcjonuje po akcesji, dały zaledwie pierwszy impuls tych zmian, natomiast dystans w zakresie struktury obszarowej między rolnictwem polskim a rolnictwem krajów UE o zbliżonej, a więc konkurencyjnej, strukturze produkcji nadal pozostaje bardzo znaczący.

Struktura ekonomiczna gospodarstw rolnych w świetle wyników badań FADN

Wiele szczegółowych i bardziej pogłębionych informacji dotyczących potencjału konkurencyjnego polskiego rolnictwa przynoszą wyniki rachunkowości FADN (**F**arm **A**ccountancy **D**ata **N**etwork – sieć danych rachunkowych gospodarstw rolnych), do wdrożenia którego Polska została zobowiązana z chwilą wejścia do UE. W polu obserwacji FADN mieszczą się gospodarstwa, które wytwarzają w danym regionie FADN lub kraju co najmniej 90% standardowej nadwyżki bezpośredniej (SGM – **S**tandard **G**ross **M**argin)[4]. W tym celu sumuje się wartości SGM z gospodarstw znajdujących się w krajowym rejestrze gospodarstw rolnych poczynając od największych aż wyczerpane zostanie 90% wartości SGM wytwarzanej w badanej jednostce administracyjnej. Gospodarstwa rolne w UE dzieli się na podstawie wielkości ekonomicznej i typu rolniczego[5]. Dla ustalenia wielkości ekonomicznej wykorzystuje się SGM oraz Europejską Jednostkę Wielkości (**E**uropean **S**ize **U**nit ESU)[6].

W rolnictwie polskim próba badawcza wynosi około 12 tys. gospodarstw, które są reprezentatywne dla około 750 tys. gospodarstw (tab. 7). Znaczy to, że wskazane około 750 tys. gospodarstw rolnych wytwarza 90% nadwyżki bezpośredniej w rolnictwie polskim.

---

4 Standardowa nadwyżka bezpośrednia (SGM) jest nadwyżką bezpośrednią z trzech lat wartości produkcji określonej działalności rolniczej nad średnią z trzech lat wartością kosztów bezpośrednich, w przeciętnych dla danego regionu warunkach produkcji.

5 Wśród typów rolniczych wyróżnia się 8 typów ogólnych, 17 typów podstawowych i 50 typów szczegółowych oraz 50 podtypów szczegółowych.

6 Wartość 1 ESU odpowiada określonej wartości standardowej nadwyżki bezpośredniej wyrażonej w euro. Od 1984 roku 1 ESU stanowi równowartość 1200 euro. W UE w zależności od wielkości ekonomicznej gospodarstwa dzieli się je następująco: bardzo małe – do 4 ESU, małe – 4–8 ESU, średnio małe – 8–16 ESU, średnio duże –16–40 ESU, duże – 40–100 ESU, bardzo duże – 100 i więcej. Podział ten może być jeszcze bardziej szczegółowy. W krajach, gdzie licznie występują gospodarstwa małe wyróżnia się także gospodarstwa najmniejsze poniżej 2 ESU.

Tabela 7. Zmiany strukturalne i ekonomiczne gospodarstw rolnych z pola obserwacji FADN według wielkości ekonomicznej

Wyszczególnienie	Lata	W próbie FADN	Bardzo małe (2–4 ESU)	Małe (4–8 ESU)	Średnio-małe (8–16 ESU)	Średnio-duże (16–40 ESU)	Duże (40–100 ESU)	Bardzo duże (>100 ESU)
Liczba gospodarstw w polu obserwacji FADN	2004	744502	187839	299728	181497	62875	9615	2947
	2008	753242	287900	239292	147896	64038	10577	3539
Wielkość ekonomiczna [ESU]	2004	9,8	3,1	5,4	11,7	24,7	56,8	291,8
	2008	9,6	3,1	5,7	11,3	24,7	57,5	311,2
Przeciętna powierzchnia UR [ha]	2004	15,9	7,2	10,9	18,6	32,4	71,9	386,9
	2008	17,7	8,0	12,3	19,7	36,1	81,0	563,9
Dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego na osobę pełnozatrud-nioną rodziny [tys. PLN]	2004	12,8	3,0	7,0	14,4	32,0	75,7	300,1
	2008	16,2	7,9	11,4	18,2	36,6	79,2	179,1
Inwestycje netto [tys. PLN]	2004	–1,3	–4,4	–4,2	–1,5	8,4	71,2	60,1
	2005	–1,3	–5,4	–4,1	–0,1	10,9	55,7	29,0
	2006	1,1	–5,1	–3,2	2,6	20,6	63,3	122,9
	2007	0,1	–5,1	–3,5	–0,2	17,1	77,5	139,2
	2008	–3,2	–6,1	–6,7	–5,5	4,4	32,5	314,0

Uwaga: kursy wymiany w 2004 kurs zł/euro = 4,5268, w 2005 kurs zł/euro = 4,0230, w 2006 zł/euro = 3,8959, w 2007 zł/euro = 3,7837, w 2008 = 3,5121.
Źródło: Wyniki standardowe uzyskiwane przez gospodarstwa rolne uczestniczące w Polskim FADN, IERiGŻ-PIB, Warszawa, odpowiednie lata.

Na podstawie analizy danych gospodarstw z próby FADN sklasyfikowanych według ich wielkości ekonomicznej można wskazać, że w rolnictwie polskim dominują gospodarstwa bardzo małe i małe (2–8 ESU), bowiem w stanowią one około 2/3 wszystkich gospodarstw z pola obserwacji FADN, a ich liczba w analizowanych latach 2004–2008 wzrosła. Gospodarstwa te cechują się mniejszą od przeciętnej powierzchnią użytków rolnych, aczkolwiek w latach 2004–2008 uległa ona umiarkowanemu zwiększeniu. Dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego na osobę pełnozatrudnioną z rodziny jest w tych gospodarstwach o kilkadziesiąt procent niższy od przeciętnych wynagrodzeń netto w gospodarce narodowej.

Na drugim biegunie znajdują się gospodarstwa średnio duże, duże i bardzo duże (powyżej 16 ESU), których w rolnictwie polskim w 2004 było ponad 75 tys., a do roku 2008 ich liczba wzrosła do ponad 78 tys. Cechują się one wyraźnie większą od przeciętnej powierzchnią użytków rolnych, a dochód z rodzinnego gospodarstwa rolnego na osobę pełnozatrudnioną z rodziny wyraźnie przekracza przeciętne wynagrodzenia netto w gospodarce narodowej.

Pomiędzy dwiema omówionymi grupami znajdują się gospodarstwa średnio małe (8–16 ESU). Charakteryzują się one wielkościami nieco lepszymi niż przeciętne w całym polu obserwacji FADN. Liczba tych gospodarstw w Polsce zmalała z ponad 180 tys. w roku 2004 do mniej niż 150 tys. w roku 2008. Można zatem wyciągnąć

wniosek, że i w gospodarstwach z pola obserwacji FADN następuje polaryzacja struktury ekonomicznej gospodarstw – wzrasta liczba gospodarstw małych oraz średnio dużych i dużych, a maleje średnio małych.

Łączna analiza poziomu uzyskiwanego dochodu na osobę pełnozatrudnioną z rodziny oraz realizowanych inwestycji netto wskazuje, że w całym analizowanym okresie można uznać za gospodarstwa rozwojowe, gwarantujące właściwy poziom bytowania rodzinie i reprodukcję rozszerzoną majątku, tylko gospodarstwa powyżej 16 ESU, czyli około 75–80 tys. gospodarstw rolnych. Gospodarstwa te prezentują wysoki potencjał konkurencyjny, który ulega wzmocnieniu, ale gospodarstwa te stanowią jedynie nieco ponad 10% gospodarstw z pola obserwacji FADN.

Ujemne inwestycje netto i niski poziom dochodu na osobę pełnozatrudnioną rodziny występują regularnie we wszystkich latach analizowanego okresu w gospodarstwach bardzo małych i małych, które w 2008 roku stanowiły ponad 2/3 analizowanej grupy gospodarstw z pola obserwacji FADN i wydaje się jest to już cecha trwała tej grupy gospodarstw.

Pozytywne, aczkolwiek w niewielkich rozmiarach, zmiany w zakresie inwestycji netto i poziomu dochodów dotyczą gospodarstw średnio małych (8–16 ESU). W tej grupie zachodzą procesy dywersyfikacji na gospodarstwa rozwojowe z (dodatnim poziomem inwestycji netto i parytetowym poziomem dochodów) i degresywne. Procesy zachodzące w tej grupie gospodarstw zdecydują ile spośród nich dołączy do gospodarstw w pełni rozwojowych (o wielkości ekonomicznej powyżej 16 ESU) i jak liczna będzie w efekcie w Polsce grupa gospodarstw rozwojowych, w pełni konkurencyjnych na Jednolitym Rynku Europejskim.

Produktywność sektora rolnego w Polsce na tle pozostałych krajów UE

Udział rolnictwa polskiego w wolumenie produkcji tworzonym w rolnictwie UE-27 sięgał w 2008 roku tylko 5,9%. Bardzo wysokie nakłady pracy w rolnictwie polskim, duże zasoby ziemi, niskie nakłady kapitałowe, a także relatywnie niski, w stosunku do posiadanych przez rolnictwo polskie zasobów i ponoszonych nakładów, poziom produkcji sprawia, że niska jest w polskim rolnictwie produktywność zasobów ziemi i nakładów pracy (tab. 8). Produktywność ziemi w rolnictwie polskim w 2008 roku, głównie za sprawą niższego poziomu intensywności wytwarzania i niższego poziomu intensywności zorganizowania produkcji rolnej (duży udział zbóż w strukturze zasiewów i stosunkowo niskie obsady zwierząt gospodarskich), wyraźnie, bo o 35% ustępuje uzyskiwanej w UE-27 i jest o 43% niższa od uzyskiwanej w krajach UE-15. Od rolnictwa polskiego niższą produktywnością ziemi cechuje się rolnictwo krajów nadbałtyckich, Rumunii, Czech i Słowacji.

Daleko ważniejszym problemem w rolnictwie polskim jest produktywność nakładów pracy, ta bowiem wprost przesądza o wysokości uzyskiwanych dochodów *per capita*. Produktywność pracy w rolnictwie polskim w 2008 roku, mierzona wytworzoną produkcją była 3,5-krotnie niższa, niż przeciętnie w UE-27 i 6 razy niższa niż

Tabela 8. Produkcja rolnicza i produktywność czynników produkcji

Kraje	Produkcja rolnicza		Produktywność		
	[mln euro]	struktura [%]	zasobów ziemi [euro na 1 ha UR]	nakładów pracy [euro na 1 AWU]	nakładów kapitału [euro na 1 euro nakładów[a]]
Austria	6398	1,74	2006	41092	1,19
Belgia	7382	2,01	5373	113920	1,22
Bułgaria	4098	1,12	1502	9290	1,42
Cypr	587	0,16	3862	24664	1,99
Czechy	4648	1,27	1321	34353	1,09
Dania	9496	2,59	3566	166305	1,07
Estonia	602	0,16	664	19295	1,14
Finlandia	4252	1,16	1855	47350	0,89
Francja	667671	8,18	2420	75554	1,26
Grecja	10422	2,84	2616	18198	1,73
Hiszpania	404881	1,02	1629	42813	1,67
Holandia	23489	6,39	12272	123367	1,28
Irlandia	6176	1,68	1492	43524	1,16
Litwa	2142	0,58	809	22763	1,22
Luksemburg	278	0,08	2122	75135	1,05
Łotwa	951	0,26	536	9500	1,09
Malta	126	0,03	12600	30000	1,50
Niemcy	48209	13,12	2847	88457	1,16
Polska	21637	5,89	1398	9210	1,40
Portugalia	6878	1,87	1869	19212	1,24
Rumunia	17036	4,64	1225	7916	1,32
Słowacja	2327	0,63	1238	27376	1,14
Słowenia	1174	0,32	2401	14111	1,15
Szwecja	4600	1,25	1475	69909	1,02
Węgry	7480	2,04	1769	17251	1,29
W. Brytania	23612	6,43	1486	83082	1,26
Włochy	46092	12,55	3627	38959	1,41
UE-15	304538	82,90	2447	54957	1,30
UE-12	62808	17,10	1316	10586	1,31
UE-27	367346	100,00	2133	32015	1,30

[a] Suma zużycia pośredniego i amortyzacji.
Źródło: Eurostat i obliczenia własne.

w UE-15 (niższą wydajnością pracy niż rolnictwo polskie, w UE-27 cechuje się tylko rolnictwo rumuńskie, a zbliżoną rolnictwo bułgarskie i łotewskie). Bardzo niska produktywność pracy w rolnictwie polskim jest zagrożeniem dla konkurencyjności polskiego rolnictwa, lub musi skutkować niską opłatą nakładów pracy w rolnictwie polskim. Dla utrzymania pozycji konkurencyjnej rolnictwa polskiego konieczne jest utrzymywanie niskiej opłaty pracy.

Dobre wyniki w eksporcie produktów rolnych w Polsce[7] w ostatnich latach są w przynajmniej w części okupione „dumpingiem socjalnym" pracujących w polskim rolnictwie i przemyśle spożywczym. Sytuacja taka nie powinna być celem długofalowej polityki ekonomicznej i polityki rolnej realizowanej w kraju. Polityka ekonomiczna powinna sprzyjać wzrostowi wydajności pracy, a to bez lepszego wyposażenia pracujących w rolnictwie polskim w pozostałe czynniki produkcji nie jest możliwe i zarazem dowodzi konieczności przemian strukturalnych w polskim sektorze rolnym.

Na nieco wyższym od przeciętnego poziomu w całej UE kształtuje się w rolnictwie polskim produktywność nakładów kapitałowych mierzona wolumenem produkcji. Ten wskaźnik można oceniać tylko umiarkowanie pozytywnie, bowiem przy wyraźnie niższym w rolnictwie polskim poziomie nakładów na 1 ha UR, niż w całej UE, zgodnie z zasadą malejącej krańcowej efektywności nakładów ich produktywność w rolnictwie polskim powinna być wyraźnie wyższa od średniej unijnej. Nie tłumaczy zatem dostatecznie pozytywnie wskaźnik produktywności nakładów kapitałowych wspomnianej wcześniej niskiej produktywności zasobów ziemi.

Przeprowadzona analiza dowodzi, że mimo iż rolnictwo polskie osiągnęło istotny postęp w warunkach akcesji, to nadal na tle sektora rolnego EU-27 i UE-15 uzyskuje stosunkowo słabe wyniki, co dowodzi jego wadliwości strukturalnej i technologicznej, a w przyszłości może zagrażać fundamentom konkurencyjności sektora rolnego.

Pozycja konkurencyjna polskiego rolnictwa po akcesji do UE[8]

Drugim zaprezentowanym w artykule podejściem do oceny konkurencyjności polskiego sektora rolno-żywnościowego jest ocena jego pozycji konkurencyjnej. Zatem celem tej części artykułu jest określenie pozycji konkurencyjnej produktów rolno-spożywczych wytwarzanych w Polsce na Jednolitym Rynku Europejskim (JRE) w okresie przed- i poakcesyjnym, z wykorzystaniem celowo dobranego zestawu wskaźników konkurencyjności *ex post* [14].

---

7 Trzeba jednak uwzględniać fakt, że mimo odnotowanego po integracji z UE wysokiego tempa wzrostu wartości wymiany handlowej w sektorze rolno-spożywczym, udział Polski w handlu rolnym UE pozostaje niewielki. Eksport artykułów rolno-spożywczych z Polski stanowi około 3% zarówno eksportu wewnątrzwspólnotowego, jak i eksportu z Wspólnoty do krajów trzecich.

8 Za zgodą autora wykorzystano fragmenty analizy przedstawionej w opracowaniu K. Pawlak [14].

Zastosowano wskaźnik penetracji importowej (MP), wskaźnik specjalizacji eksportowej (SI), wskaźnik pokrycia importu eksportem (CR), wskaźniki ujawnionych przewag komparatywnych, w tym indeks relatywnej komparatywnej przewagi eksportu (XRCA), indeks relatywnej chłonności importu (MRCA) i indeks relatywnej przewagi handlu (RTA), oraz wskaźnik handlu wewnątrzgałęziowego Grubela-Lloyda (IIT)[9].

Po obliczeniu wymienionych miar konkurencyjności, w oparciu o ostatnie, w pełni dostępne dane za rok 2008, dokonano typologii wybranych grup produktów rolno-spożywczych wytwarzanych w Polsce według poziomu przewag konkurencyj-

---

9 Wskaźnik penetracji importowej (MP) jest udziałem importu w podaży na rynku wewnętrznym: $MP = \frac{M}{Q - X + M}$, natomiast wskaźnik specjalizacji eksportowej (SI) porównuje udział produktu *i* w eksporcie kraju *k* z udziałem tego produktu w eksporcie światowym: $SI_k = \frac{X_{ik}}{X_k} : \frac{X_{iw}}{X_w}$, gdzie: M – import, X – eksport, Q – produkcja. Oba wskaźniki zazwyczaj stosuje się łącznie, a za pożądane uznaje się niskie wartości wskaźnika MP i wysokie wartości wskaźnika SI. W przeciwnym razie, można wnioskować o braku satysfakcjonującej konkurencyjności danej gospodarki lub jej sektora [7].

Wskaźnik pokrycia importu eksportem (CR): $CR_k = \frac{X_k}{M_k} \cdot 100\%$, podobnie jak indeks SI, pozwala wyznaczyć eksportową specjalizację danego kraju w zakresie analizowanego sektora, produktu lub grupy produktów. Wartości tego współczynnika przekraczające wartość 100 oznaczają specjalizację badanego kraju, co pozwala twierdzić, że dysponuje on względną przewagą nad partnerami [10].

Wskaźniki ujawnionych przewag komparatywnych wyznaczono na podstawie następujących formuł:

$$XRCA_{ik} = \frac{X_{ik}}{X_{im}} : \frac{\sum_{j,j\neq i} X_{jk}}{\sum_{j,j\neq i} X_{jm}}, \quad MRCA_{ik} = \frac{M_{ik}}{M_{im}} : \frac{\sum_{j,j\neq i} M_{jk}}{\sum_{j,j\neq i} M_{jm}}, \quad RTA_{ik} = XRCA_{ik} - MRCA_{ik},$$

gdzie: X – eksport; M – import; i, j – kategorie produktów; k, m – kraje, a następnie oceniono sumarycznie, wykorzystując występujące pomiędzy nimi zależności. Dodatnie wartości wskaźnika RTA i większe od jedności – XRCA świadczą o wysokiej konkurencyjności (+), natomiast gdy wskaźnik RTA jest ujemny, a MRCA powyżej jedności badany kraj wykazuje brak konkurencyjności (–). W pozostałych przypadkach wyniki analizy nie są jednoznaczne (+/–) [5].

Wskaźnik Grubela-Lloyda (IIT) [3]:

$$IIT_k = \frac{(X_{ik} + M_{ik}) - |X_{ik} - M_{ik}|}{(X_{ik} + M_{ik})} \cdot 100\%$$

zastosowano, aby określić znaczenie handlu wewnątrzgałęziowego. Wysokie, zmierzające do 100, wartości wskaźnika świadczą o występowaniu wymiany wewnątrzgałęziowej, tzn. takiej, w której w wysokim stopniu nakładają się strumienie eksportu i importu towarów pochodzących z tej samej gałęzi. Indeks IIT przyjmujący wartość bliską zera wskazuje z kolei na istnienie handlu międzygałęziowego.

nych na JRE. W tym celu posłużono się metodą Warda[10] z grupy hierarchicznych aglomeracyjnych metod analizy skupień. Metoda ta pozwala łączyć ze sobą obiekty w kolejne skupienia na podstawie wartości funkcji podobieństwa. Im obiekty bardziej podobne do siebie, tym wcześniej są ze sobą łączone. Skupienia są uszeregowane hierarchicznie tak, że skupienia niższego rzędu wchodzą w skład skupień rzędu wyższego, zgodnie z hierarchią podobieństwa występującego pomiędzy obiektami [12][11].

W wyniku przeprowadzonych obliczeń otrzymano cztery wewnętrznie jednorodne skupienia artykułów rolno-żywnościowych, różniące się pomiędzy sobą poziomem przewag konkurencyjnych oraz intensywności handlu wewnątrzgałęziowego (tab. 9). Pierwszą grupę typologiczną stanowią produkty mleczarskie i przetwory mięsne, charakteryzujące się najwyższym poziomem przewag komparatywnych na JRE (RTA = 1,0). O wysokiej konkurencyjności tych artykułów świadczy skala notowanej nadwyżki bilansu handlowego (CR = 413,5%). Istotnie większe od 100%, i jednocześnie najwyższe, w porównaniu z pozostałymi grupami typologicznymi, wartości wskaźników pokrycia importu eksportem pozwalają wnioskować, że w zakresie omawianego asortymentu Polska dysponuje względną przewagą nad partnerami zagranicznymi. Wyznaczona wartość indeksu specjalizacji eksportowej (SI = 1,3), porównującego udział analizowanych grup produktów w eksporcie rolno-spożywczym ogółem w Polsce i UE, wskazała na występującą w zakresie produktów mleczarskich i przetworów mięsnych silną orientację eksportową. Ponadto można zauważyć, że w przypadku tych grup asortymentowych relatywnie małe jest znaczenie wymiany wewnątrzgałęziowej (IIT = 39,0%).

Do skupienia drugiego zaliczono produkty o wysokim poziomie przewag komparatywnych, tj. mięso i podroby, cukier i wyroby cukiernicze, przetwory z owoców i warzyw, warzywa oraz przetwory zbożowe. Wartości wyznaczonych dla tej grupy typologicznej wskaźników XRCA i RTA wynoszą odpowiednio 1,6 oraz 0,7, a stopień realizowanej w tym zakresie specjalizacji eksportowej (SI) jest w Polsce o niemal 35% wyższy niż w pozostałych krajach Wspólnoty. Korzystna sytuacja konkurencyjna w handlu wskazanymi grupami produktów znajduje także odzwierciedlenie w stanie bilansu handlowego. Wpływy z eksportu tych produktów o około 66% przekraczają bowiem wartość ich importu (CR = 166,0%). Należy również zwrócić uwagę, że wymianę handlową w tych działach sektora rolno-spożywczego cechuje wysoki udział handlu wewnątrzgałęziowego w całości obrotów (IIT = 75,2%).

---

10 Metodę tę powszechnie uznaje się za najbardziej efektywną zasadę aglomeracji [19].

11 Przy formowaniu skupień wykorzystano odległość euklidesową: odległość $(x, y) = \{\Sigma_i (x_i - y_i)^2\}^{1/2}$ i zastosowano podejście analizy wariancji. Oznacza to, że metoda Warda zmierza do minimalizacji sumy kwadratów odchyleń dowolnych dwóch skupień, które mogą zostać uformowane na każdym etapie [STATISTICA PL 2008]. Odległość euklidesowa jest jedną z najczęściej stosowanych w odniesieniu do obiektów charakteryzowanych cechami mierzalnymi [12, 13].

Tabela 9. Wskaźniki konkurencyjności ex post produktów rolno-spożywczych wytwarzanych w Polsce w handlu z krajami UE w 2008 roku według grup typologicznych

Grupa produktów	SI	CR [%]	Wskaźniki ujawnionych przewag komparatywnych				IIT [%]
			XRCA	MRCA	RTA	Ocena sumaryczna	
Grupa typologiczna I							
Produkty mleczarskie	1,20	391,88	1,22	0,33	0,89	+	40,66
Przetwory mięsne	1,56	469,66	1,59	0,40	1,18	+	35,11
Ogółem	**1,29**	**413,45**	**1,35**	**0,33**	**1,02**	**+**	**38,95**
Grupa typologiczna II							
Mięso i podroby	1,51	145,84	1,61	1,27	0,35	+	81,36
Cukier i wyroby cukiernicze	1,15	136,54	1,15	0,94	0,21	+	84,55
Przetwory z owoców i warzyw	1,36	219,48	1,39	0,72	0,67	+	62,60
Warzywa	1,27	182,38	1,29	0,75	0,53	+	70,83
Przetwory zbożowe	1,15	178,65	1,17	0,73	0,44	+	71,77
Ogółem	**1,34**	**165,96**	**1,56**	**0,90**	**0,66**	**+**	**75,20**
Grupa typologiczna III							
Zwierzęta żywe	0,80	106,29	0,80	0,90	–0,10	+/–	96,95
Nasiona oleistych	0,78	95,83	0,78	0,88	–0,10	+/–	97,87
Oleje i tłuszcze	0,57	54,33	0,55	1,19	–0,63	–	70,41
Owoce	0,95	65,04	0,95	1,70	–0,75	–	78,82
Ogółem	**0,79**	**69,29**	**0,75**	**1,34**	**–0,59**	**–**	**81,86**
Grupa typologiczna IV							
Zboża	0,24	19,03	0,23	1,45	–1,22	–	31,97

Źródło: ComExt-Eurostat, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/newxtweb/, 23.08.2009; na podstawie obliczeń Pawlak K. [14].

Trzecią grupę typologiczną utworzyły artykuły pozbawione przewag komparatywnych (XRCA = 0,8 i RTA = –0,6), o niskim zakresie specjalizacji eksportowej (SI = 0,8) i wartości salda obrotów handlowych (CR = 69,3%), wśród których wyróżniono zwierzęta żywe, nasiona oleistych, oleje i tłuszcze oraz owoce. Deficyt obrotów handlowych charakteryzujący to skupienie można wytłumaczyć wysoką intensywnością wymiany wewnątrzgałęziowej (IIT = 81,9%), determinowaną komplementarną strukturą produkcji nasion oleistych, a w konsekwencji olejów i tłuszczy, oraz owoców w Polsce i krajach jej partnerów handlowych. W omawianej grupie typologicznej sklasyfikowano m.in. produkty, których wytwarzanie w Polsce, z uwagi na uwarunkowania klimatyczne, jest niemożliwe, a zaspokojenie popytu zgłaszanego przez rodzimych konsumentów wywołuje konieczność importu niezbędnego (wyłącznego) i wiąże się z uzależnieniem od dostawców zagranicznych. Korzyści czerpane z importu tego rodzaju asortymentu potwierdza najwyższa spośród wszystkich analizowanych skupień wartość wskaźnika relatywnej chłonności importu (MRCA), kształtująca się na poziomie 1,3.

W czwartej grupie typologicznej znalazły się, w największym stopniu pozbawione przewag komparatywnych na JRE (RTA = –1,2 i MRCA = 1,5), zboża. Niekorzystną sytuację konkurencyjną tej grupy produktów potwierdza, znacznie niższa od 100%, wartość wskaźnika pokrycia importu eksportem (CR = 19,0%), informująca o występującym w tym zakresie deficycie bilansu handlowego. Wyodrębniona grupa typologiczna, w porównaniu z pozostałymi, charakteryzuje się najniższym poziomem specjalizacji eksportowej (SI = 0,2), blisko 80% mniejszym niż odnotowany dla pozostałych krajów Wspólnoty. Podkreślenia wymaga też stosunkowo niski, bo nieco ponad 30-procentowy, udział handlu wewnątrzgałęziowego (IIT) w wymianie, wynikający z wysokiej samowystarczalności żywnościowej Polski w zakresie zbóż. Wysoki potencjał produkcyjny sprawia, że ich import stanowi jedynie uzupełnienie produkcji krajowej w latach nieurodzaju lub, z uwagi na ograniczenia klimatyczne, ma charakter niezbędny (pszenica durum).

Z wykonanej typologii wynika, że silniejszą pozycją konkurencyjną na JRE charakteryzowały się produkty pracochłonne i wyżej przetworzone, co wynika z niższych kosztów pracy i marż przetwórczych w polskim przemyśle spożywczym. Wyższy potencjał techniczny gospodarstw rolnych państw UE-15 daje im pewną przewagę komparatywną w tych kierunkach produkcji, które są kapitałochłonne i zależne od postępu technologicznego. Polski sektor rolny, z uwagi na duże zasoby taniej siły roboczej, ma natomiast przewagę w pracochłonnych kierunkach produkcji, co jest zgodne z zasadą teorii obfitości zasobów Heckschera-Ohlina-Samuelsona.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych analiz można sformułować kilka następujących konkluzji końcowych:

1. W okresie poakcesyjnym nie zaszły w rolnictwie polskim zasadnicze zmiany w zakresie wielkości zasobów wykorzystywanych czynników produkcji.
2. Brak zmian w zasobach czynników produkcji i/lub ich nakładach, bądź stosunkowo niewielki wymiar tych zmian sprawiły, że istotnym przemianom nie uległy również relacje między czynnikami produkcji. Rolnictwo polskie na tle rolnictwa całej UE charakteryzuje się niskim wyposażeniem zasobów pracy w ziemię i nakłady kapitału, co dowodzi słabej sytuacji konkurencyjnej rolnictwa polskiego w zakresie potencjału konkurencyjnego oraz przesądza o niskiej wydajności pracy w ujęciu sektorowym. Do jednej z niższych w UE należy również relacja nakłady kapitału–zasoby ziemi, co wyznacza względnie niską intensywność wytwarzania w rolnictwie polskim, a tym samym niską produktywność ziemi.
3. Przemiany w strukturze obszarowej rolnictwa, które zaszły po akcesji Polski do UE aczkolwiek widoczne, nadal są słabe i nie powodują istotnych przeobrażeń strukturalnych w rolnictwie polskim. Warunki, w których rolnictwo polskie funkcjonuje po akcesji dały zaledwie pierwszy impuls tych zmian, natomiast

dystans w zakresie struktury obszarowej między rolnictwem polskim a rolnictwem krajów UE o zbliżonej, a więc konkurencyjnej strukturze produkcji, nadal pozostaje bardzo znaczący. Największym mankamentem struktury obszarowej rolnictwa polskiego jest to, że nadal większość zasobów ziemi rolniczej znajduje się we władaniu gospodarstw małych i średnich (do 20 ha UR). W rezultacie, w większości gospodarstw rolnych wadliwe pozostają relacje między czynnikami produkcji, szczególnie pracy z ziemią, a tym samym niska jest wydajność pracy i niski poziom uzyskiwanych dochodów, przez co trudna pozostaje sytuacja socjalna rodzin związanych z tymi gospodarstwami rolnymi, a bardzo ograniczone lub niemożliwe są procesy reprodukcji rozszerzonej majątku.

4. Słabością polskiego rolnictwa jest to, że znaczący potencjał produkcyjny skupiony jest w dużej mierze w gospodarstwach rolnych prowadzących produkcję na małą skalę, która niejednokrotnie jest ich cechą trwałą. Ta wadliwość strukturalna przekłada się częstokroć na wadliwość technologiczną, a oba obszary wadliwości implikują niską produktywność czynników produkcji. Ta mikroekonomiczna słabość większości gospodarstw rolnych determinuje słabość rolnictwa polskiego w ujęciu sektorowym na JRE i mimo iż w warunkach akcesji osiągnęło ono istotny postęp produkcyjno-ekonomiczny, można wskazać, że potencjał konkurencyjny będący pochodną zasobów czynników produkcji i ich struktury nie jest silnym fundamentem konkurencyjności międzynarodowej polskiego sektora rolnego i wymaga dalszych przemian w zakresie struktur agrarnych i wytwórczych.
5. Dotychczasowe procesy przemian i dostosowań doprowadziły do ukształtowania się w rolnictwie polskim grupy około 75–80 tys. gospodarstw rozwojowych, trwale uzyskujących ponadparytetowy poziom dochodów i realizujących inwestycje netto, cechujących się wysokim potencjałem konkurencyjnym na Jednolitym Rynku Europejskim.
6. Bardzo wysokie nakłady pracy w rolnictwie polskim, duże zasoby ziemi, niskie nakłady kapitałowe, a także relatywnie niski (w stosunku do posiadanych przez rolnictwo polskie zasobów i ponoszonych nakładów) poziom produkcji sprawia, że niska jest w polskim rolnictwie produktywność zasobów ziemi i pracy. Z jednej strony osłabia to konkurencyjność polskiego sektora rolnego na rynku unijnym, ale z drugiej strony wskazuje na niewykorzystanie zasobów; lepsze wykorzystanie zasobów na skutek przemian strukturalnych może poprawić potencjał i pozycję konkurencyjną polskiego rolnictwa na Jednolitym Rynku Europejskim.

Literatura

[1] Adamowicz M. 1999. Konkurencja i konkurencyjność w agrobiznesie. Aspekty teoretyczne i praktyczne. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* 2–3: 3–19.

[2] Buckley P.J., Pass Ch.L., Prescott K. 1988. Measures of international competitiveness: A critical survey. *Journal of Marketing Management* 2: 175–200.

[3] Cieślik A. 2000. Nowa teoria handlu zagranicznego w świetle badań empirycznych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 143 ss.

[4] Dzun. W., Józwiak W. 2009. Problemy poprawy struktury gospodarstw rolnych w Polsce. *Wieś i rolnictwo* 2: 73–92.

[5] Frohberg K. 2000. Konkurencyjność polskiego rolnictwa. W: Strategiczne opcje dla polskiego sektora agrobiznesu w świetle analiz ekonomicznych, E. Majewski, G. Dalton (red.). SGGW, Warszawa: 224–242.

[6] Jagiełło M. 2003. Wskaźniki międzynarodowej konkurencyjności gospodarki. Studia i materiały, nr 80, IKCHZ, Warszawa: 41 ss.

[7] Józwiak W. 2009. Efektywność polskich gospodarstw rolnych. *Wieś i Rolnictwo* 1: 35–43.

[8] Józwiak W., Mirkowska Z. 2008. Polskie gospodarstwa rolne w pierwszych latach członkostwa. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* 2: 19–32.

[9] Lubiński M., Michalski T., Misala J. 1995. Międzynarodowa konkurencyjność gospodarki. Pojęcie i sposób mierzenia. Raporty – Studia nad konkurencyjnością, Instytut Rozwoju i Studiów Strategicznych, Warszawa: 96 ss.

[10] Majewski E., Ziętara W. i in. 2009. Wpływ zmian we WPR na wyniki ekonomiczne gospodarstw towarowych w Polsce w perspektywie do 2014 roku. Praca zbiorowa. Wyd. SGGW Warszawa: 246 ss.

[11] Mardia K.V., Kent J.T., Bibby J.M. 1979. Multivariate analysis. Academic Press, London: 518 ss.

[12] Marek T. 1989. Analiza skupień w badaniach empirycznych. Metody SAHN. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa: 171 ss.

[13] Pawlak K. 2009. Analiza i model rozwoju handlu zagranicznego produktami rolno-spożywczymi. W: Stan polskiej gospodarki żywnościowej po przystąpieniu do Unii Europejskiej, Raport 6 (synteza), Zeszyt 145 red. R. Urban. IERiGŻ-PIB Warszawa: 138–154.

[14] Pawlak K., Poczta W. 2008. Pozycja konkurencyjna polskiego sektora rolno-spożywczego na Jednolitym Rynku Europejskim. *Wieś i Rolnictwo* 4: 81–102.

[15] Poczta W. 1994. Rolnictwo polskie a rolnictwo EWG (studium komparatywne). Rozprawy Naukowe, Zeszyt 247, Wydawnictwo AR im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań: 239 ss.

[16] Poczta W. 2009. Wpływ integracji z UE na sytuację strukturalną, produkcyjną i ekonomiczną polskiego rolnictwa. W: Stan polskiej gospodarki żywnościowej po przystąpieniu do Unii Europejskiej, Raport 6 (synteza), Zeszyt 145 red. R. Urban. IERiGŻ-PIB Warszawa: 9–46.

[17] Poczta W., Średzińska J., Standar A. 2008. Sytuacja finansowa gospodarstw rolnych krajów UE według potencjału produkcyjnego. *J. Agribus. Rural Dev*. 4(10): 83–94.

[18] Sokołowski A. 2002. Metody stosowane w data mining. StatSoft Polska: 5–12.

[19] Woś A. 2003. Konkurencyjność polskiego sektora żywnościowego. Synteza. IERiGŻ-PIB, Warszawa: 98 ss.

Competitive potential and competitive position of Polish agri-food sector on the European market

Key words: Polish agri-food sector, EU-market, competitive potential, competitive position

Summary

The aim of this paper was to identify competitive potential and competitive position of Polish agri-food sector on the European market. In order to fulfill assumed purpose, author assessed production factors as well as relations among them and indicated changes in the structure of agricultural holdings in Poland. Conducted analysis proved that in spite of significant progress in production and economic results observed in Polish agriculture under conditions of integration with the EU, this sector of

Polish economy is still characterized by low productivity. This fact indicates the structural and technological disadvantages of Polish agriculture, which require further structural changes.

The competitiveness of Polish agri-food products in trade with the EU countries, according to deliberately selected *ex post* indicators of competitiveness, proves high competitive position of Polish agri-food products, especially the labour-consuming ones.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 57–70

Formy wsparcia rozwoju rolnictwa i wsi w Polsce

Bogdan Klepacki, Stanisław Stańko
Wydział Nauk Ekonomicznych Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa,
e-mail: bogdan_klepacki@sggw.pl, stanislaw_ stanko@sggw.pl

Słowa kluczowe: rolnictwo, interwencja, rozwój, formy wsparcia rozwoju rolnictwa, obszary wiejskie

Wstęp

Wstąpienie Polski do Unii Europejskiej w 2004 r. spowodowało zmianę warunków funkcjonowania poszczególnych sektorów gospodarki. Szczególnie dotyczy to rolnictwa. Zostało ono objęte ponadnarodową, sektorową polityką Unii Europejskiej – Wspólną Polityką Rolną, która określa obowiązujące w krajach członkowskich reguły interwencji w rolnictwie. Stanowi ona jedną z podstawowych przesłanek kształtujących warunki rozwoju rolnictwa.

Celem opracowania jest przedstawienie ewolucji polityki wsparcia rolnictwa w Unii Europejskiej (poprzednio EWG), wskazanie instrumentów polityki rynkowej Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) stosowanych w Polsce po jej akcesji do UE, z uwzględnieniem wsparcia dochodów rolników, kierunków zmian WPR oraz zakresu działań w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich.

Wspólna Polityka Rolna jako instrument wsparcia rozwoju rolnictwa w UE

Koncepcja Wspólnej Polityki Rolnej oparta jest na trzech podstawowych zasadach: jedności rynku, preferencji dla produktów Wspólnoty oraz solidarności finansowej [3, 8].

Jedność rynku oznacza jednolite dla całej Wspólnoty zasady interwencji i swobodny obrót towarowy produktami rolnymi między państwami członkowskimi, bez nakładania ceł i innych obciążeń lub subsydiów, które zakłócałyby konkurencję. Prowadzi to w konsekwencji do powstania wspólnego rynku, który oznacza likwidację barier w handlu artykułami rolnymi wewnątrz wspólnoty, stosowanie wspólnych

zasad wobec importu z krajów trzecich oraz ujednolicanie cen. Zasada preferencji dla produktów wytworzonych w obrębie Unii oznacza, że mają one absolutne pierwszeństwo sprzedaży na rynku wewnętrznym. Zasada solidarności finansowej oznacza wspólne finansowanie polityki rolnej. Fundusze na WPR dostarczane są w ustalonych proporcjach przez wszystkie kraje członkowskie i stanowią własność wspólną. Wypełnianie tej zasady umożliwiał utworzony w kwietniu 1962 r. Europejski Fundusz Orientacji i Gwarancji dla Rolnictwa (FEOGA). Podzielono go na dwie instytucjonalne części: Fundusz Gwarancji oraz Fundusz Orientacji. Z tego funduszu finansowano wydatki na poszczególne instrumenty polityki interwencyjnej do 2007 r.

Polityka interwencyjna UE ulegała w okresie jej realizacji wielu zmianom, uzasadnionym zmieniającą się sytuacją gospodarczą i oczekiwaniami konsumentów. W początkowym okresie instrumenty interwencyjne skierowane były na pobudzanie wzrostu produkcji rolnej w celu zaspokojenia potrzeb żywnościowych wyniszczonej wojną Europy (lata 1957–1968). Po zrealizowaniu tego celu przyrost produkcji przewyższał zwiększające się zapotrzebowanie. Powodowało to wprowadzanie mechanizmów ograniczających działania deformujące rynek rolny na rzecz mechanizmów strukturalnych (lata 1968–1993). W późniejszym okresie (lata 1993–2000) nastąpiły zmiany polegające na liberalizacji wsparcia rolnictwa i ograniczanie protekcjonizmu. W latach 2000–2007 przeprowadzono głębsze reformy WPR, których celem był wzrost konkurencyjności sektora żywnościowego UE i obniżanie intensywności rolnictwa. Od 2007 r. następują dalsze reformy polityki interwencyjnej UE, których celem jest oddzielenie wsparcia od produkcji oraz wzrost znaczenia działań na rzecz rozwoju wsi. Działania te realizowane są w latach 2007–2013 [1, 4, 6, 25, 26, 27].

Do tych kierunków wsparcia rolnictwa dostosowano także fundusze europejskie. W 2005 r. utworzono dwa fundusze rolnicze: Europejski Fundusz Rolniczy Gwarancji (EFRG), z którego finansowane są środki rynkowe i pozostałe oraz Europejski Fundusz Rolny na Rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich (EFRROW), z którego finansuje się programy rozwoju obszarów wiejskich. Od 1 stycznia 2007 r. z tych funduszy finansowana jest WPR [14].

Wsparcie rolnictwa i obszarów wiejskich odbywa się poprzez politykę interwencji rynkowej, poprzez działania w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich, a także politykę spójności.

System instrumentów interwencji rynkowej WPR w Polsce

Od 1 maja 2004 r. obowiązuje w Polsce unijny system regulacji rynków rolnych i handlu zagranicznego. Do dziś regulowanie procesów rynkowych zachodzących w obrębie wspólnego rynku jest najstarszym odcinkiem Wspólnej Polityki Rolnej UE (EWG). Jego funkcjonowanie opiera się na:

- Jednolitym systemie regulowania rynku, bowiem wszystkie decyzje dotyczące instrumentów i mechanizmów interwencji zostały przeniesione na szczebel po-

nadnarodowy; mają one charakter nadrzędny w stosunku do prawa ustanawianego w poszczególnych krajach; jednolitość systemu wyraża się także w tym, że koszty interwencji są w pełni finansowane przez budżet Wspólnoty.

- Wspólnej organizacji poszczególnych rynków branżowych; organizacja ta jest wewnętrznie zróżnicowana w zależności od specyfiki danej branży; wspólna organizacja rynku obejmuje wiele grup towarowych (tab. 1).

Tabela 1. Wykaz sektorów objętych wspólną organizacją rynku [17]

Lp.	Grupa produktów	Lp.	Grupa produktów
1.	Zboża i ich przetwory	12.	Wina
2.	Ryż	13.	Żywe rośliny i produkty kwiaciarstwa
3.	Cukier	14.	Surowiec tytoniowy
4.	Susz paszowy	15.	Wołowina i cielęcina
5.	Nasiona	16.	Mleko i jego przetwory
6.	Chmiel	17.	Wieprzowina
7.	Oliwki stołowe i oliwa z oliwek	18.	Mięso baranie i kozie
8.	Len i konopie	19.	Jaja
9.	Owoce i warzywa	20.	Mięso drobiowe
10.	Przetwory owocowe i warzywne	21.	Inne produkty
11.	Banany		

W ramach WPR ustanowiono także szczególne środki pomocy dla producentów alkoholu etylowego pochodzenia rolniczego, produktów pszczelich oraz jedwabników.

Interwencja realizowana jest metodami, które tworzą spójny wewnętrznie system oddziaływania na rolnictwo, gdzie poszczególne środki wzajemnie się uzupełniają i wspomagają. Instrumenty dla sektora rolnego generalnie można podzielić na trzy grupy. Pierwsza obejmuje środki służące podtrzymywaniu cen rolnych, druga – bezpośrednie płatności (płatności kompensacyjne), trzecia natomiast dotyczy kontroli podaży produktów rolnych.

Podtrzymywanie cen rolnych w UE odbywa się za pomocą różnych metod. Pierwsza to zakupy interwencyjne nadwyżek rynkowych produktów wówczas, gdy ceny rynkowe utrzymują się poniżej ustalanych cen interwencyjnych. Zakupy te dokonywane są w ściśle określonych terminach, np. zboża w Szwecji w okresie 1.12–30.06, we Włoszech, Hiszpanii, Portugalii i Grecji 1.08–30.04, a w pozostałych krajach UE 1.11–31.05 lub limitach, np. 600 tys. t cukru. Produkty kupowane w ramach interwencji muszą spełniać określone wymogi jakościowe.

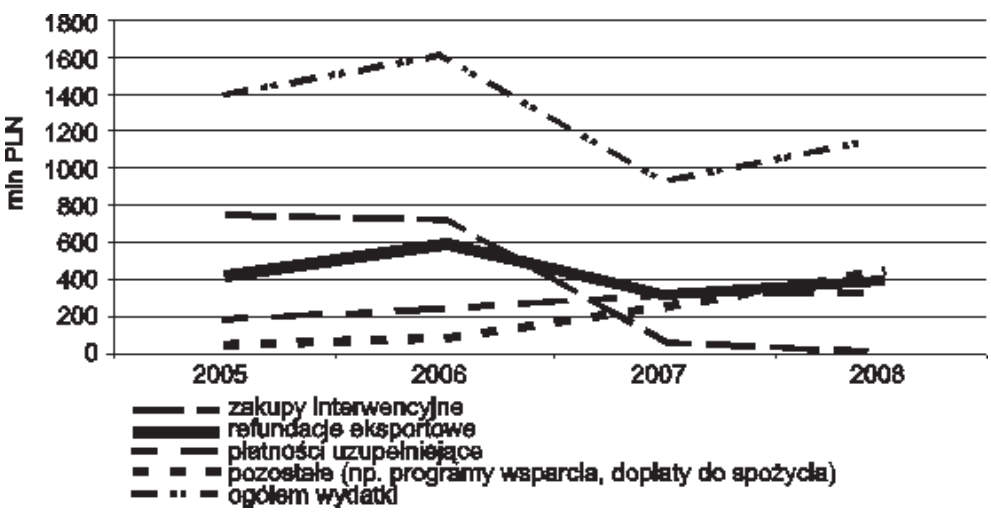
Drugi sposób podtrzymywania cen wynika z protekcji granicznej. Większość produktów rolnych importowanych z zagranicy nie może być sprzedawana na rynku UE poniżej określonych cen. Innym sposobem ochrony rynku wewnętrznego przed tanim importem są różnego rodzaju obciążenia importowe (np. cła). W wyniku stosowania takich środków produkty z zagranicy są mniej konkurencyjne cenowo wobec produktów wytworzonych w UE.

Ważnym sposobem wspierania cen rolnych są refundacje wywozowe (subsydia eksportowe). Kiedy ceny na rynkach światowych są niższe niż w UE, eksporterzy mogą ubiegać się o dopłaty do eksportu nadwyżek. Stwarza to możliwości wywozu na rynki światowe nadwyżek rynkowych i gwarantuje konkurencję cenową. Kiedy zaś ceny światowe są wyższe niż w UE, wprowadzone mogą być opłaty wywozowe (podatek eksportowy) w celu niedopuszczenia do nadmiernego eksportu.

Podtrzymywaniu cen służą także dopłaty do prywatnego przechowywania towarów rolnych wypłacane przedsiębiorcom przy przechowywaniu ich nadwyżek rynkowych (np. cukru białego, serów, mięsa wołowego czy baraniny). Subsydiowanie kosztów składowania uwalnia rynek od nadmiaru podaży i wpływa stabilizująco na ceny. Podobny wpływ na ceny ma pobudzanie popytu wewnętrznego (np. sprzedaż masła, śmietanki po obniżonych cenach dla instytucji niekomercyjnych, dopłaty do przetworów mlecznych dla uczniów, dopłaty do mleka odtłuszczonego w proszku wykorzystywanego do produkcji pasz oraz do produkcji kazeiny i kazeinianów).

Wszystkie instrumenty interwencji rynkowej ustalone w prawodawstwie UE mogą być realizowane w Polsce po spełnieniu wymogów do ich uruchomienia. Nie na wszystkie dostępne programy interwencyjne jest też zapotrzebowanie zgłaszane przez podmioty rynkowe.

Wydatki na działania interwencyjne w Polsce wykazują tendencję spadkową (rys. 1). Dotyczy to zwłaszcza wydatków na zakupy interwencyjne i dopłaty do eksportu. W pierwszych latach członkostwa Polski w UE (2005–2006) wydatki na zakupy interwencyjne i subsydia eksportowe wynosiły przeciętnie w roku 1,1–1,3 mld zł i stanowiły 81–83% wydatków interwencyjnych. W latach 2007–2008 wydatki



Rysunek 1. Wydatki na działania interwencyjne w Polsce w latach 2005–2008 (opracowano na podstawie sprawozdań z działalności Agencji Rynku Rolnego)

te wynosiły 0,37–0,39 mld zł i stanowiły 33–40% wydatków interwencyjnych [20, 21, 22, 23, 24].

Tendencją rosnącą charakteryzują się wydatki na płatności uzupełniające (dla producentów surowca tytoniowego i plantatorów ziemniaków skrobiowych) oraz pozostałe wydatki obejmujące realizację takich programów jak: dostarczanie nadwyżek żywności najuboższej ludności, wsparcie rynku miodu, działań promocyjnych, dopłaty do spożycia mleka i przetworów itp.

Reformy Wspólnej Polityki Rolnej

Zmiany w strukturze wydatkowanych środków na interwencję rynkową w znacznej mierze wynikają z ewolucji WPR polegającej na ograniczaniu mechanizmów deformujących rynek. Przeprowadzano je w ramach reformy Mac Sharrego i Agendy 2000, a polegały one na:

- obniżaniu poziomu cen interwencyjnych,
- eliminowaniu z zakupów interwencyjnych różnych grup towarów rolnych,
- wyznaczaniu limitów zakupów interwencyjnych itp. [7, 18, 26].

Celem tych reform była poprawa konkurencyjności rolnictwa na rynkach międzynarodowych poprzez obniżenie cen na rynku wewnętrznym, zmniejszenie ryzyka gromadzenia zapasów interwencyjnych, położenie nacisku na bezpieczeństwo i jakość żywności oraz ochronę środowiska, zwrócenie uwagi na rozwój obszarów wiejskich. Przyjęte zmiany w sposobach interwencji oznaczały, że polityka rolna zaczęła szerzej wspierać nie tylko funkcje produkcyjne rolnictwa (jak dotychczas), ale także jego funkcje pozaprodukcyjne, zwłaszcza działania na rzecz środowiska naturalnego [28].

Dalsze reformy WPR uzgodniono w Luksemburgu w czerwcu 2003 r. Przyjęte wówczas zasady mają charakter fundamentalny dla funkcjonowania rynku i rolnictwa. Nowa WPR w większym stopniu uwzględnia oczekiwania konsumentów i podatników, dając jednocześnie rolnikom swobodę wyboru kierunku produkcji spełniającego wymagania rynku. Większość dotacji będzie wypłacana rolnikom niezależnie od wielkości bieżącej produkcji. Aby uniknąć zaniechania produkcji przez część rolników, państwa członkowskie mogą wypłacać część płatności w dotychczasowy sposób, tj. w powiązaniu z produkcją.

Podstawowe elementy zreformowanej WPR obejmują:

- jednolitą płatność na gospodarstwo lub jednolitą płatność regionalną niezależną od produkcji;
- powiązanie otrzymywania płatności dla określonych kierunków produkcji z obowiązkiem spełniania określonych standardów przez gospodarstwo, tzw. zasada wzajemnej zgodności (cross-compliance);

- obniżenie płatności bezpośrednich w gospodarstwach i alokacja uzyskanych w ten sposób środków na rozwój wsi (tzw. modulacja);
- mechanizm dyscypliny finansowej polegający na redukcji płatności bezpośrednich w sytuacji przekroczenia ustalonego limitu wydatków na WPR;
- zmiany w zasadach interwencji na rynkach mleka, zbóż, roślin wysokobiałkowych, ziemniaków skrobiowych, suszu paszowego, odnawialnych źródeł energii;
- zwiększenie zakresu i poziomu wsparcia dla rozwoju obszarów wiejskich [28].

Rozpoczęte zmiany w sposobach interwencji są dalej kontynuowane. W 2006 r. przeprowadzono reformę w sektorze cukru, w 2007 r. owoców i warzyw. W ramach przeglądu realizacji Wspólnej Polityki Rolnej Komisja uznała, że narzędzia kontroli podaży nie powinny służyć ograniczaniu zdolności unijnych rolników do reagowania na sygnały wysyłane przez rynek. W tym celu przyjęto dalsze ograniczenia sposobów oddziaływania na rynek. Po przeglądzie wyników reform WPR z 2003 r. Komisja Europejska zaproponowała, w ramach „Health Check", dostosowanie instrumentów interwencyjnych do nowych wyzwań i możliwości. Osiągnięto zgodę krajów na ich wprowadzenie. W zakresie interwencji rynkowej przyjęto m.in.

- zniesienie obowiązujących kwot produkcji mleka od 2015 r.;
- zwiększanie kwot produkcji mleka po 1% w latach 2009/2010–2013/2014;
- zniesienie obowiązku odłogowania (stopa odłogowania = 0);
- włączenie wsparcia dla lnu i konopi, suszu paszowego, skrobi ziemniaczanej do systemu wsparcia dochodów oddzielonego od produkcji (od 2012 r.)[1];
- przyjęcie limitu zakupów interwencyjnych dla:
  pszenicy durum, ryżu = 0,0 od 1.07.2009,
  jęczmienia, kukurydzy i sorga, r = 0,0 od 1.07.2010;
- przyjęcie limitu zakupów pszenicy (3 mln ton od 1.07. 2010). Po jego przekroczeniu mogą być prowadzone na zasadach przetargów, tj. bez gwarancji ceny interwencyjnej;
- zniesienie zakupów interwencyjnych na rynku wieprzowiny;
- zastosowanie zasad przetargowych w odniesieniu do zakupów interwencyjnych masła i odtłuszczonego mleka w proszku, po przekroczeniu limitu zakupów interwencyjnych [18].

Przedstawione kierunki zmian WPR dotyczącej interwencji rynkowej oznaczają, że procesy produkcji i obrotu oraz organizacja rynku poszczególnych sektorów rolnictwa zostaną poddane znacznie większemu oddziaływaniu praw popytu i podaży oraz zasadom konkurencji. W tych warunkach zwiększy się konieczność reagowania producentów na sygnały wysyłane przez rynek.

---

1 Wcześniej takim rozwiązaniem objęło producentów tytoniu.

Wsparcie dochodów producentów rolnych

Na bezpośrednie wspieranie dochodów producentów rolnych w Polsce składają się: system jednolitej płatności obszarowej (SAPS) oraz płatności uzupełniające.

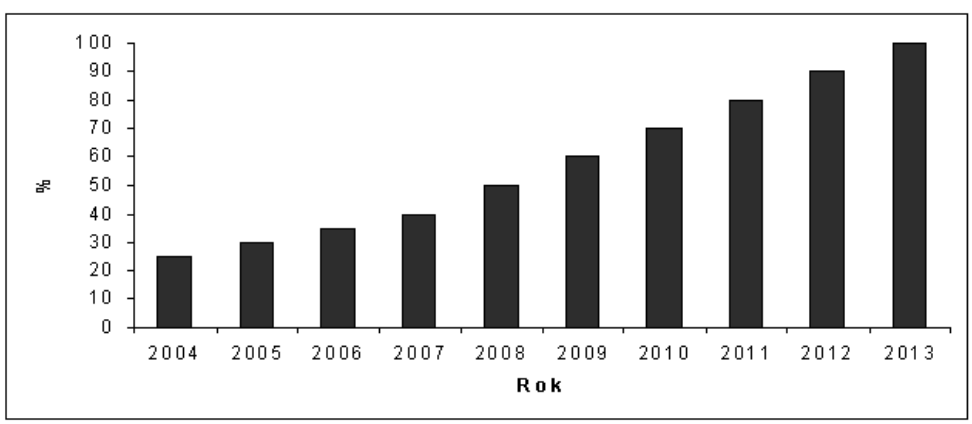
Jednolita płatność obszarowa finansowana jest w całości ze środków Unii Europejskiej. Są one wypłacane na wszystkie grunty rolne utrzymane w dobrej kulturze rolnej z zachowaniem wymogów ochrony środowiska. Do jednolitej płatności obszarowej ma zastosowanie zasada stopniowego dochodzenia do poziomu płatności bezpośrednich stosowanego w krajach UE-15 (phasing-in). Oznacza to, że poziom tych płatności wzrasta corocznie (do osiągnięcia 100%) począwszy od 2004 r. i kształtuje się w sposób przedstawiony na rysunku 2. System ten będzie obowiązywał w Polsce do 2013 r., natomiast w krajach UE-15 obowiązuje system płatności jednolitej (SPS) [19].

Dla płatności bezpośrednich finansowanych ze środków UE określono pułapy krajowe. Łączna kwota wsparcia polskich gospodarstw rolnych płatnościami bezpośrednimi z EFRG wyniesie w latach 2007–2013 ponad 15 mld euro [19].

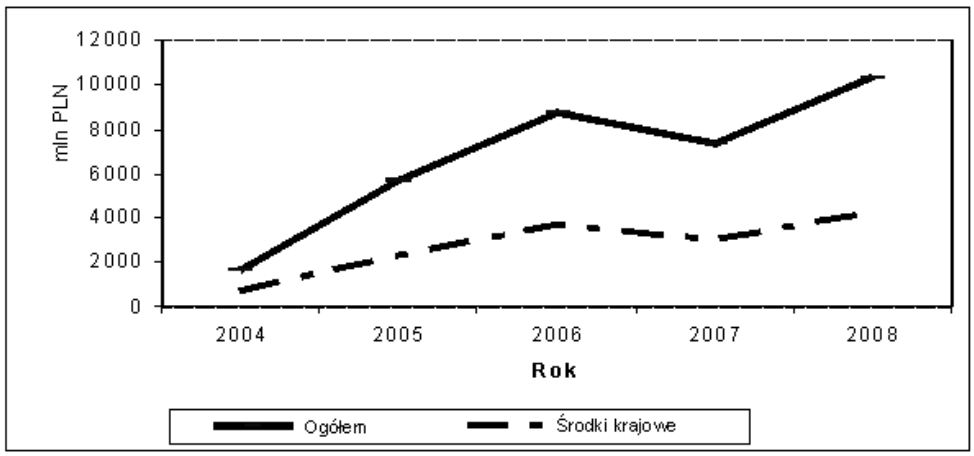
Wsparcie dochodów producentów rolnych w Polsce stanowią także płatności uzupełniające, finansowane w części ze środków budżetu krajowego i ze środków UE. W traktacie akcesyjnym przewidziano możliwość podniesienia w latach 2004–2006 poziomu płatności bezpośrednich do 55%, 60% i 65% w stosunku do upraw objętych wsparciem w ramach rozporządzeń unijnych. Po 2007 roku już tylko ze środków budżetu krajowego będzie można uzupełniać płatności do 30%. Takie rozwiązanie oznacza, że w 2009 r. płatności bezpośrednie w Polsce wynosiły 90% poziomu UE-15 z 2004 r.

Na przykład, w 2009 r. stawki w ramach płatności bezpośrednich określono w wysokości:

Stawka jednolitej płatności obszarowej – 506,98 PLN · ha^{-1} gruntów rolnych,



Rysunek 2. Poziom płatności bezpośrednich w Polsce finansowanych z UE w porównaniu do krajów UE-15 [19]



Rysunek 3. Zrealizowane płatności na dopłaty obszarowe w Polsce w latach 2004–2008 (mld PLN); źródło: [2]

Stawka płatności uzupełniającej na 1 ha powierzchni uprawy:

— roślin określonych w rozp. MRiRW – 356,47 PLN,
— roślin przeznaczonych na paszę na trwałych użytkach zielonych – 502,62 PLN,
— chmielu (płatność związana z produkcją) – 507,54 PLN,
— chmielu (niezwiązana z produkcją) 861,32 PLN,
— stawka płatności cukrowej – 53,47 PLN · t^{-1} buraków cukrowych,
— stawka płatności do pomidorów – 166,82 PLN na tonę pomidorów,
— stawka pomocy krajowej z tytułu owoców miękkich – 719,02 PLN · ha^{-1} uprawy [10].

Skalę wypłat środków na płatności bezpośrednie w Polsce przedstawiono na rysunku 3.

Łącznie w latach 2004–2008 wypłaty dla producentów rolnych wyniosły 33,8 mld PLN, w tym 19,9 mld to środki z UE [2].

Poziom płatności bezpośrednich i ich skala charakteryzują się tendencją wzrostową, wokół której występują wahania. Mogą one także występować w przyszłości. Powodowane jest to zmiennością kursu walutowego [11]. Od 2005 r. stawka dla jednolitej płatności obszarowej wynika z podzielenia koperty krajowej (limitu na dany rok w euro) przez powierzchnię referencyjną (14,337 mln ha), przy kursie euro według stanu na 30 września danego roku, ustalonym przez Europejski Bank Centralny[2].

[2] Zasada ta obowiązuje od 2005 r. W latach wcześniejszych do ustalenia stawki płatności stosowano średnie kursy z półrocza.

Program Rozwoju Obszarów Wiejskich

Rolnictwo jest największym użytkownikiem gruntów wiejskich oraz kluczowym czynnikiem decydującym o jakości terenów wiejskich i środowiska naturalnego. Obszary wiejskie zajmują 92% terytorium i mieszka na nich prawie 56% ludności UE. Znaczna część tych obszarów jest upośledzona pod względem wielu wskaźników charakteryzujących jakość życia. Dochód na mieszkańca jest około jedną trzecia niższy, sektor usług jest mniej rozwinięty, a gospodarstwa domowe mają słabszy dostęp do wielu zdobyczy współczesnej cywilizacji. By sprostać wyzwaniom dotyczącym wzrostu gospodarczego, zatrudnienia i zrównoważonego rozwoju, UE określiła politykę rozwoju obszarów wiejskich. Opracowano strategiczne wytyczne, które określają priorytety Wspólnoty dla wszystkich państw członkowskich. Dla każdego zestawu priorytetów przedstawiono kluczowe działania. Z wytycznych wynika, że każde państwo członkowskie powinno przygotować swój krajowy plan strategiczny stanowiący ramy odniesienia dla opracowania programów rozwoju obszarów wiejskich [5, 15].

Priorytety Unijnej polityki rozwoju obszarów wiejskich ujęte w programach tworzą tzw. osie. Obejmują one następujące elementy:

Os 1 – poprawa konkurencyjności sektora rolnego i leśnego,
Os 2 – poprawa środowiska naturalnego i terenów wiejskich,
Os 3 – poprawa jakości życia na obszarach wiejskich promowanie różnicowania gospodarki wiejskiej
Os 4 – Leader.

Kraje członkowskie nie miały pełnej swobody przy wyborze osi priorytetowych i związanych z nimi działań. Zostało bowiem określone minimalne wykorzystanie udziału środków finansowych UE w tych programach na poszczególne osie. Określono, że co najmniej 10% tego udziału musi być przeznaczone na cele osi pierwszej, 25% na cele osi drugiej, 10% – trzeciej, a 2,5% zarezerwowane jest dla osi Leader dla nowych państw członkowskich [15][3]. Określono także maksymalne współfinansowanie poszczególnych osi przez UE. Skalę dostępnych środków finansowych w Polsce na rozwój obszarów wiejskich w ramach PROW przedstawiono w tabeli 2.

Polska jest państwem członkowskim, które w latach 2007–2013 otrzyma najwięcej środków z EFRROW (ponad 13,2 mld euro, 15% funduszu ogółem), drugie z kolei państwo Włochy otrzyma około 8,3 mld euro, dalej Niemcy – 8, 1 mld euro, Rumunia 8,0 mld euro [13]. Tak znaczne środki wsparcia obszarów wiejskich stanowią szanse przyśpieszenia rozwoju obszarów wiejskich.

Każdą oś tworzy pewna liczba programów, które najczęściej nazywane są w polskiej terminologii działaniami [13]. W dokumentach UE wymieniono 37 działań, z których każde państwo członkowskie powinno zbudować własny program odpowiadający jego potrzebom, będący równocześnie zgodny z ogólnym kierunkiem polityki rozwoju obszarów wiejskich Wspólnoty.

---

3 W krajach pozostałych na tę oś zarezerwowane jest 5%.

Tabela 2. Budżet PROW na lata 2007–2013 w Polsce

Osie	Nazwa osi	Środki finansowe mld euro		
		z UE	Krajowe	Razem
Oś 1	Poprawa konkurencyjności sektora rolnego i leśnego	5,5	1,8	7,3
Oś 2	Poprawa środowiska naturalnego i obszar wiejskich	4,3	1,1	5,4
Oś 3	Jakość życia na obszarach wiejskich i różnicowanie gospodarki wiejskiej	2,6	0,9	3,4
Oś 4	LEADER	0,6	0,2	0,8
	Pomoc techniczna	0,2	0,1	0,3
Razem		13,2	4,0	17,2

Źródło: Program Rozwoju Obszarów Wiejskich MRiRW Warszawa 2009.

Środki finansowe przeznaczone na oś pierwszą powinny przyczynić się do rozwoju sektora rolno-spożywczego. Środki przeznaczone na poprawę konkurencyjności sektora rolnego i leśnego oraz poszczególne działania w Polsce przedstawiono w tabeli 3.[4]

Tabela 3. Oś 1 PROW Poprawa konkurencyjności sektora rolnego i leśnego w Polsce, działania i środki wspierające w latach 2007–2013 [12]

Nazwa działania	Budżet [mln euro]	Udział w środkach ogółem [%]
Szkolenie zawodowe dla osób zatrudnionych w rolnictwie i leśnictwie	40,0	0,2
Ułatwianie startu młodym rolnikom	420,0	2,4
Renty strukturalne	2549,6	14,8
Korzystanie z usług doradczych przez rolników i posiadaczy lasów	218,0	1,2
Modernizacja gospodarstw rolnych	1849,1	10,7
Zwiększenie wartości dodanej podstawowej produkcji rolnej i leśnej	932,0	5,4
Poprawianie i rozwijanie infrastruktury związanej z rozwojem i dostosowaniem rolnictwa i leśnictwa	637,5	3,7
Uczestnictwo rolników w systemach jakości żywności	80,0	0,4
Działania informacyjne i promocyjne	30,0	0,1
Grupy producentów rolnych	140,0	0,8
Zobowiązania z lat 2004–2006 dla działań „Wspieranie gospodarstw niskotowarowych”	590,0	3,4
Ogółem	x	43,1

W zakresie poprawy konkurencyjności sektora rolnego podstawowe znaczenie mają działania przyczyniające się do restrukturyzacji i modernizacji sektora rolniczego, obniżenia kosztów wytwarzania, poprawy integracji w łańcuchu marketingowym itp. Wśród działań ujętych w osi pierwszej są też takie, które nie mają bezpośredniego związku z poprawą konkurencyjności sektora. Służą one wspieraniu dochodów lub mają charakter socjalny.

[4] Kwoty na poszczególne osie i działania uwzględniają dodatkowe środki przyznane Polsce (169 mln Euro) i zmiany w PROW zatwierdzone przez Komisję Europejską decyzją z 17 grudnia 2009 r.

Działania ujęte w osi drugiej powinny być skierowane na ochronę i wzmacnianie zasobów naturalnych i krajobrazowych obszarów wiejskich. W osi tej znalazły się też działania o charakterze wspierania dochodów (np. ONW). Ogółem przewidywane środki na realizację działań w osi drugiej wynoszą ponad 30% środków kierowanych na rozwój rolnictwa i wsi (tab. 4).

Tabela 4. Oś 2 PROW Poprawa środowiska naturalnego i obszarów wiejskich, działania i środki wspierające w latach 2007–2013 [12]

Nazwa działania	Budżet [mln euro]	Udział w środkach ogółem [%]
Wspieranie gospodarowania na obszarach górskich i innych obszarach o niekorzystnych warunkach działania (ONW)	2448,7	14,2
Program rolnośrodowiskowy	2314,9	13,4
Zalesianie gruntów rolnych oraz zalesianie gruntów innych niż rolne	513,5	3,0
Odtwarzanie potencjału produkcji leśnej zniszczonego przez katastrofy i wprowadzenie instrumentów zapobiegawczych	100,0	0,6
Ogółem	x	31,2

Działania ujęte w osi trzeciej przeznaczone są na różnicowanie gospodarki wiejskiej i poprawę jakości życia. Realizacja tych działań powinna przyczyniać się do tworzenia miejsc pracy i warunków rozwoju oraz atrakcyjności lokowania działalności. Środki przeznaczone na oś trzecią stanowią jedną piątą funduszy kierowanych na PROW (tab. 5). O jakości życia na obszarach wiejskich decyduje także ich wyposażenie w infrastrukturę społeczną (np. placówki służby zdrowia, obiekty opieki przedszkolnej, szkoły, transport publiczny). Elementy te mogą być współfinansowane z innych programów.

Tabela 5. Oś 3 PROW Jakość życia na obszarach wiejskich i różnicowanie gospodarki wiejskiej, działania i środki wspierające w latach 2007–2013 [12]

Nazwa działania	Budżet w mln euro	Udział w środkach ogółem (%)
Różnicowanie w kierunku działalności nierolniczej	345,6	2,0
Tworzenie i rozwój mikroprzedsiębiorstw	1023,6	5,9
Podstawowe usługi dla gospodarki i ludności wiejskiej	1541,3	8,9
Odnowa i rozwój wsi	589,6	3,4
Struktura	x	20,2

Działania realizowane w osi czwartej (LEADER) powinny wspierać priorytety realizowane w poprzednich osiach (tab. 6). Działania te powinny przyczyniać się do aktywizacji społeczności wiejskich poprzez lokalne grupy działania, polegającej na opracowywaniu lokalnej strategii rozwoju oraz wynikających z niej innowacyjnych projektów łączących zasoby ludzkie, naturalne, kulturowe, wiedzę itp.

Tabela 6. Oś 4 PROW LEADER, działania i środki wspierające w latach 2007–2013 [12]

Nazwa działania	Budżet [mln euro]	Udział w środkach ogółem [%]
Wdrażanie lokalnych strategii rozwoju	620,5	3,6
Wdrażanie projektów współpracy	15,0	0,0
Funkcjonowanie lokalnej grupy działania, nabywanie umiejętności i aktywizacja	152,0	0,9
Struktura	x	4,5

Oprócz polityki sektorowej dotyczącej rolnictwa w latach 2007–2013 może być także wpierane rybołówstwo i nadbrzeżne obszary rybackie. Środki te przeznaczone są dla rybaków, zakładów przetwórstwa rybnego, podmiotów prowadzących chów i hodowlę ryb oraz terenów zależnych od rybactwa i rybołówstwa. W ramach programu Zrównoważony rozwój sektora rybołówstwa i nadbrzeżnych obszarów rybackich dostępne są w latach 2007–2013 środki w wysokości 0,978 mld euro [29].

Rozwój obszarów wiejskich może być także wspierany w ramach polityki spójności UE, która ma na celu wyrównywanie warunków ekonomicznych i społecznych we wszystkich regionach Wspólnoty. Działania finansowane są z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR), Europejskiego Funduszu Społecznego (EFS), Europejskiego Funduszu Społecznego (EFS) i Funduszu Spójności [16].

EFRR finansuje działania prowadzące do wyrównania różnic w stosunku do regionów lepiej rozwiniętych w zakresie takich dziedzin jak: inicjatywy na rzecz wzrostu zatrudnienia, infrastruktury, rozwoju turystyki, ochrony i poprawy stanu środowiska, czy rozwoju społeczeństwa informacyjnego. Z EFS finansuje się promocję aktywnej polityki na rynku pracy, przeciwdziałanie wykluczeniu społecznemu, kształcenie ustawiczne, rozwój przedsiębiorczości. Z kolei z Funduszu Spójności można otrzymać dofinansowanie na projekty inwestycyjne realizowane głównie przez jednostki samorządu terytorialnego obejmujące takie dziedziny jak: poprawa jakości wód powierzchniowych, polepszenie jakości i dystrybucji wody przeznaczonej do picia, racjonalizację gospodarki odpadami, poprawę jakości powietrza, zapewnienie bezpieczeństwa przeciwpowodziowego, rozwój bezpiecznej infrastruktury drogowej. Szacuje się, że z funduszy tych na obszary wiejskie może trafić około 5,5–6,0 mld euro.

Podsumowanie

Integracja Polski z UE zmieniła zasadniczo warunki prowadzenia działalności gospodarczej w rolnictwie i jego otoczeniu. Znajduje to swój wyraz w wielu aspektach. Podstawowymi są:

- Kilkakrotne zwiększenie możliwości finansowania działalności gospodarstw i otoczenia ze źródeł zewnętrznych zwłaszcza z funduszy UE.

- Nadrzędność zasad Wspólnej Polityki Rolnej nad polityką krajową spowodowała ujednolicenie warunków funkcjonowania poszczególnych rynków rolnych; skutkiem tego jest coraz efektywniejsze funkcjonowanie rynku rolnego i ujednolicanie poziomu cen na rynkach sąsiednich.

Ewolucja Wspólnej Polityki Rolnej zmierza w kierunku dalszego ograniczania interwencji rynkowej. Oznacza to coraz większy wpływ na rolnictwo, rynku i jego parametrów. Ma to spowodować by rolnictwo było w stanie sprostać wymaganiom rynku poprzez dostosowanie produkcji do jego potrzeb, wzmocnienie konkurencyjności i innowacyjności w sektorze rolnym tak, by był on w stanie stawiać czoła wyzwaniom rynku globalnego. Jest to możliwe w wyniku racjonalnego wykorzystania różnych form wsparcia rolnictwa i obszarów wiejskich w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich, jak i programów polityki spójności.

Literatura

[1] Adamowicz. M. 1999. Wspólna Polityka Rolna Unii Europejskiej. Doświadczenia – Problemy – Perspektywy. W: Dostosowanie podstawowych rynków rolnych do integracji z Unią Europejską. M. Adamowicz (red.). Wydawnictwo SGGW. Warszawa: 8–69.

[2] ARiMR – 5 lat w Unii Europejskiej. Warszawa, maj 2009.

[3] Ciepielewska M. 1998. Polityka rolna. Wspólna Polityka Rolna. W: Encyklopedia Agrobiznesu. A. Woś (red.). Fundacja Innowacja. Warszawa: 570–576.

[4] Czykier-Wierzba D. 2007. Finansowe instrumenty wspierania rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich w Unii Europejskiej w latach 2007–2013. *Post. Nauk Rol*. 5: 117–128.

[5] Decyzja Rady UE z dnia 20 lutego 2006 r. w sprawie strategicznych wytycznych Wspólnoty dla rozwoju obszarów wiejskich (okres programowania 2007–2013). Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L 55/20 25.2.2006.

[6] Hardt Ł. 2007. Implikacje reformy Wspólnej Polityki Rolnej dla polskiego rolnictwa i obszarów wiejskich. UKIE, Warszawa: 19 ss.

[7] Integracja z Unia Europejską. 2002. Praca zbiorowa. FAPA, MRiRW, Wyd. II. Warszawa.

[8] Klepacki B. 2007. Wspólna Polityka Rolna oraz polityka strukturalna. W: Ekonomika i zarządzanie w agrobiznesie. Format-AB, Warszawa: 346–381.

[9] Klepacki B. 2010. Ocena wpływu WPR na polską wieś. Polska wieś i rolnictwo 2009 r. Warszawa, Referat MRiRW, 8.01.2010 r.

[10] Konferencja prasowa Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi. 6 listopada 2009 r. Warszawa.

[11] Poślednik A. 2009. Wpływ kursu euro na wysokość płatności bezpośrednich. SAEPR, FAPA Warszawa.

[12] Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013. MRiRW. Warszawa, listopad 2009.

[13] Rowiński J. 2008. Program Rozwoju Obszarów wiejskich na lata 2007–2013. Analiza zatwierdzonej wersji programu i pierwszych lat realizacji. IERiGŻ–PIB. Program wieloletni. Ekonomiczne i społeczne uwarunkowania rozwoju polskiej gospodarki żywnościowej po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej. Nr 118, Warszawa.

[14] Rozporządzenie Rady (WE) nr 1290/200 z dnia 21 czerwca 2005 r. w sprawie finansowania wspólnej polityki rolnej. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L.209 z 11.8.2005.

[15] Rozporządzenie Rady (WE) nr 1698/2005 z dnia z dnia 22 września 2005 r. w sprawie wsparcia rozwoju obszarów wiejskich przez Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich (EFRROW). Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 21.10.2005. L 277.

[16] Rozporządzenie Rady (WE) nr 1083/2006 z dnia 11 lipca 2006 r. ustanawiające przepisy ogólne dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego oraz Funduszu Spójności i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1260/1999. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 31.7.2006 . L 210/25.

[17] Rozporządzenie Rady (WE) nr 1234/2007 z dnia 22 października 2007 ustanawiające wspólną organizację rynków rolnych oraz przepisy szczegółowe dotyczące niektórych produktów rolnych („rozporządzenie o jednolitej wspólnej organizacji rynku"). Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. 16.11.2007. L 299/1.

[18] Rozporządzenie Rady (WE) Nr 72/2009 z dnia 19 stycznia 2009 w sprawie zmian we wspólnej polityce rolnej poprzez zmianę rozporządzeń. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 31.1.2009. L 30/1.

[19] Rozporządzenie Rady (WE) nr 73/2009 z dnia 10 stycznia 2009 r. ustanawiające wspólne zasady dla systemów wsparcia bezpośredniego dla rolników w ramach wspólnej polityki rolnej i ustanawiające określone systemy wsparcia dla rolników, zmieniające rozporządzenia WE nr 1290/2005, WE nr 247/2006, nr 378/2007 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1782/2003. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 30. z 31.1.2009.

[20] Sprawozdanie z działalności Agencji Rynku Rolnego w 2004 r. Warszawa 2005.

[21] Sprawozdanie z działalności Agencji Rynku Rolnego w 2005 r. Warszawa 2006.

[22] Sprawozdanie z działalności Agencji Rynku Rolnego w 2006 r. Warszawa 2007.

[23] Sprawozdanie z działalności Agencji Rynku Rolnego w 2007 r. Warszawa 2008.

[24] Sprawozdanie z działalności Agencji Rynku Rolnego w 2008 r. Warszawa 2009.

[25] Stańko S. 2005. Wspólna Polityka Rolna – zasady, mechanizmy i system instytucjonalny. Agencja Rynku Rolnego 1990–2005. Warszawa: 53–68.

[26] Stańko S. 2009. Wspólna Polityka Rolna, jej reformy i perspektywy rozwoju podstawowych rynków rolnych w Polsce. W: Wspólna Polityka Rolna Unii. Wydawnictwo SGGW. Warszawa: 51–67.

[27] Tomczak F. 2009. Zmiany i reformy WPR: konsekwencje dla rolnictwa i finansowania polityki rolnej. IERiGŻ-PIB. Program wieloletni. Ekonomiczne i społeczne uwarunkowania rozwoju polskiej gospodarki żywnościowej po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej. Nr 126, Warszawa.

[28] Wspólna Polityka Rolna. Zasady funkcjonowania oraz ich ocena. 2005. Praca zbiorowa. FAPA, MRiRW. Wyd. II, Warszawa: 6.

[29] Zrównoważony rozwój sektora rybołówstwa i nadbrzeżnych obszarów rybackich 2007–2013. MRiRW, Warszawa, październik 2008.

Forms of supporting development in agriculture and rural areas in Poland

Key words: agriculture, intervention, development, forms of support, rural areas

Summary

Paper discussed the evolution of Common Agricultural Policy (CAP) of the European Union. Authors analyse the tools of EU market policy connected with agriculture and CAP reforms. The special attention was paid to realization of CAP in Poland after the accession to EU. In the last part of paper main sphere of the Programme on Rural Areas Development was presented.

The authors stated that integration of Poland with EU generally changed the conditions of farming and rural environment because of international financial support and Union law regulations connected with agricultural market. The CAP evolution leads to free market, so Polish agriculture has to be more competitive on the world market.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 71–92

Środowiskowe efekty wspierania rozwoju obszarów wiejskich z funduszy unijnych

Artur Bołtromiuk
Wydział Ekonomiki i Zarządzania Uniwersytet w Białymstoku,
ul. Warszawska 63, 15-062 Białystok,
e-mail: abolt@o2.pl

Słowa kluczowe: wspólna polityka rolna, zrównoważony rozwój, obszary wiejskie, środowisko przyrodnicze, programy rolnośrodowiskowe

Wstęp

Działania na rzecz integracji produkcji rolniczej z ochroną środowiska przyrodniczego zajmują bardzo ważne miejsce wśród unijnych instrumentów wsparcia rozwoju obszarów wiejskich. Publiczne wsparcie rolnictwa w ramach **w**spólnej **p**olityki **r**olnej (WPR) Unii Europejskiej w coraz większym stopniu jest powiązane z obowiązkiem przestrzegania wymogów ochrony zasobów i walorów przyrodniczych – transfery te nabierają charakteru zapłaty za świadczenia rolnika na rzecz środowiska i krajobrazu, które stanowią dobra publiczne.

W odniesieniu do polskiej wsi w latach 2004–2006 do poprawy zarządzania środowiskiem i jego ochrony na poziomie gospodarstwa rolnego przyczyniła się głównie realizacja związanych ze zrównoważonym rozwojem działań, zawartych w Planie Rozwoju Obszarów Wiejskich oraz Sektorowym Programie Operacyjnym „Restrukturyzacja i modernizacja sektora żywnościowego oraz rozwój obszarów wiejskich", przede wszystkim ze względu na wymóg przestrzegania zasad dobrej praktyki rolniczej na znacznym obszarze użytków rolnych. Szczególne duże znaczenie dla kształtowania relacji rolnictwo–środowisko miały: program rolnośrodowiskowy, wsparcie obszarów o niekorzystnych warunkach gospodarowania oraz inwestycje w gospodarstwach w zakresie dostosowania do standardów środowiskowych. Większość pozostałych instrumentów, zastosowanych w tym pierwszym okresie obowiązywania WPR, także zawierała elementy istotne dla poprawy stanu środowiska i różnorodności biologicznej obszarów wiejskich.

Problemy i potrzeby oceny środowiskowych efektów unijnego wsparcia rozwoju obszarów wiejskich

Ocena efektów oraz siły oddziaływania na środowisko przyrodnicze obszarów wiejskich Polski poszczególnych instrumentów interwencjonizmu państwowego, stosowanych w ramach WPR, jest zagadnieniem bardzo złożonym i trudnym w interpretacji, zarówno z przyczyn obiektywnych, jak i subiektywnego potraktowania istoty problemu. Składa się na to kilka systemowych przyczyn:

- niedostatek obiektywnych mierników i wskaźników bezpośredniej oceny oddziaływania rolnictwa na środowisko;
- brak interdyscyplinarnych zespołów badawczych, które by stworzyły, bądź zaadaptowały do krajowych warunków wcześniej wypracowane odpowiednie wskaźniki;
- brak systemowej inwentaryzacji (ilościowej i jakościowej) zasobów środowiska na początku wdrażania określonego działania;
- brak bieżącego, systematycznego monitoringu w tym zakresie.

Inne czynniki o charakterze obiektywnym to:

- relatywnie długi (nawet w perspektywie kilkunastoletniej) okres ujawniania się efektów środowiskowych;
- zróżnicowany wpływ określonego działania wspieranego z unijnych funduszy na poszczególne elementy środowiska (wody, glebę, krajobraz, różnorodność biologiczną);
- łączenie w ramach jednego gospodarstwa/wsi różnych źródeł pomocy publicznej unijnej i krajowej;
- oddziaływanie na stan środowiska różnorodnych czynników zewnętrznych, takich jak procesy demograficzne czy mechanizmy rynkowe, które mogą w większym zakresie niż unijne transfery kształtować decyzje i zachowania ekonomiczne producentów rolnych, związane z wyborem kierunków produkcji czy poziomu intensywności gospodarowania;
- duże przestrzenne rozproszenie większości działań realizowanych w ramach WPR;
- krótki, gdyż zaledwie trzyletni, objęty analizą okres wdrażania instrumentów unijnego wsparcia.

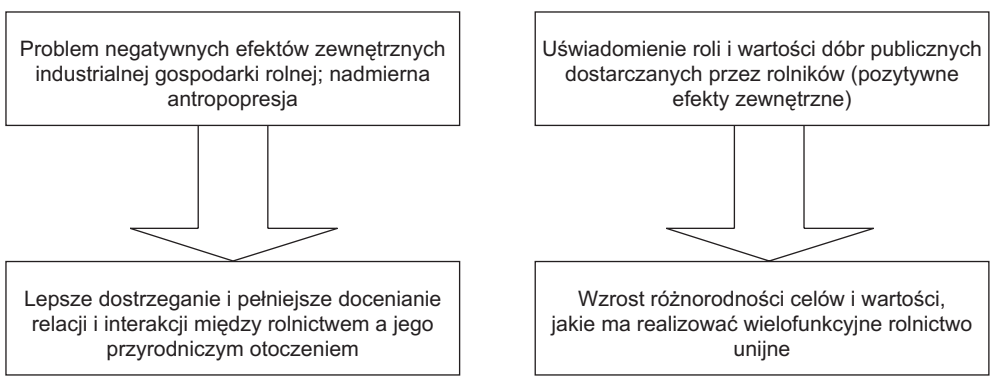
W rezultacie większość mierników przyjętych w ocenie środowiskowych efektów działań WPR wspierających rozwój obszarów wiejskich oparta jest przede wszystkim na skali wydatków towarzyszących realizacji działań, a także na zdecydowanie ograniczonym, w relacji do badawczych potrzeb, monitoringu powierzchni objętych poszczególnymi działaniami. Stąd też sama ocena ma w dużej mierze charakter oceny pośredniej, eksperckiej oraz oceny *ex ante* – w kategoriach potencjalnego, a nie rzeczywistego efektu środowiskowego. Procesy zachodzące w agroekosystemach pod wpływem zastosowanych instrumentów unijnego wsparcia zostały bowiem dopiero zainicjowane, a ich rezultaty będą mierzalne w dłuższym horyzoncie

czasowym. Dopiero wówczas można będzie zbadać faktyczne zależności między tymi instrumentami a osiągnięciem założonych celów środowiskowych, takich jak: zachowanie różnorodności biologicznej i zróżnicowanego krajobrazu rolniczego, podniesienie jakości wód, ograniczenie erozji gleb. Jednakże zadanie to będzie wykonalne pod warunkiem niezwłocznego podjęcia kroków w celu rozwiązania wyżej sygnalizowanych problemów oceny, dotyczących inwentaryzacji stanu wyjściowego i monitoringu zmian zasobów środowiska.

Wydaje się, że w Polsce źródła większości problemów o charakterze systemowym związanych z oceną zmian oddziaływania gospodarki rolnej na środowisko tkwią nie tyle w kwestii finansowania bez wątpienia kosztownych systematycznych pomiarów zasobów przyrodniczych czy braku specjalistów, którzy mogliby się zająć tym zagadnieniem, ile wynikają z niedoceniania, jeśli nie lekceważenia, problematyki środowiskowej w relacji z ekonomiczną i społeczną, zarówno wśród polityków i urzędników, jak i przedstawicieli środowiska naukowego. Na to nakłada się niepełne zrozumienie propagowanej przez Unię koncepcji zrównoważonego rozwoju oraz brak przekonania do proponowanych na jej podstawie rozwiązań, co wyraźnie widoczne jest w sferze politycznej i urzędniczej. O niskim poziomie instytucjonalizacji potrzeby ochrony środowiska oraz idei zrównoważonego rozwoju świadczy brak tych zagadnień w dyskursie społecznym, czy też brak znaczących sił politycznych jednoznacznie identyfikujących się z problematyką środowiskową, np. „zielonych" partii. Nadal jedyną w zasadzie liczącą się medialnie siłą, głównym interesariuszem środowiska, inicjatorem wielu akcji i działań ochronnych są organizacje pozarządowe, pozostawiając daleko w tyle państwo oraz instytucje rynkowe. Jako tło, a także w pewnym stopniu uzasadnienie omawianego zjawiska, można tu przywołać nadal relatywnie niski w porównaniu z krajami Europy Zachodniej poziom dochodów i świadomości ekologicznej polskiego społeczeństwa, chociaż oba te czynniki zmieniają się w dobrym z punktu widzenia środowiska kierunku. Systematycznie bowiem zmniejszamy dystans rozwojowy, nawet w kryzysowym dla światowej gospodarki okresie, dzięki utrzymywaniu (niewielkiego w bieżącym roku) wzrostu PKB. Optymizmem napawa też fakt, że wprawdzie tylko 1/3 polskiego społeczeństwa potrafi poprawnie przyporządkować termin „zrównoważony rozwój" równoprawnemu traktowaniu rozwoju gospodarczego, rozwoju społecznego i ochrony środowiska, ale za to ponad 70%, przynajmniej w deklaracjach, podziela tę ideę oraz akceptuje podstawowe zasady zrównoważonego rozwoju, zarówno w wymiarze makroekonomicznym, jak i na poziomie lokalnym [1]. Uprawnionym jest zatem stwierdzenie, iż Polacy już zaczynają zdawać sobie sprawę, że kwestia zachowania środowiska przyrodniczego dla przyszłych pokoleń nie jest „fanaberią bogatych społeczeństw", które stać na finansowanie działań ochronnych, lecz cywilizacyjnym obowiązkiem i dziejową koniecznością.

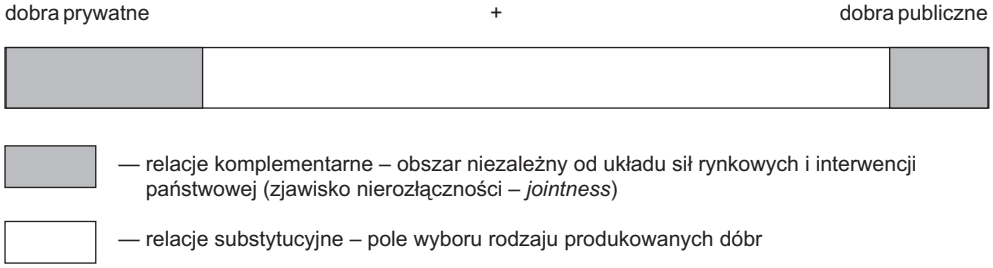
W krajach UE–15 problematyka zrównoważonego rozwoju wsi i rolnictwa począwszy od 1992 r. była coraz wyraźniej akcentowana, znajdując wyraz w rozszerzającej się palecie instrumentów WPR nakierowanych na ochronę zasobów przyrody. Wspólna polityka rolna wraz z każdą kolejną reformą obejmowała coraz więcej

celów środowiskowych, ewoluując w kierunku polityki zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, gdzie produkcyjne funkcje rolnictwa ustępują miejsca szeroko rozumianym funkcjom społecznym. Jednym z ważniejszych motywów, które legły u podstaw tych zmian był i pozostaje nadal problem efektów zewnętrznych industrialnej gospodarki rolnej. Trudności z identyfikacją i wyceną negatywnych efektów zewnętrznych generowanych przez gospodarstwa rolne w powiązaniu z brakiem rynkowych i prawno-administracyjnych mechanizmów ich internalizacji powoduje to, iż jak dotąd w niewielkim stopniu znalazła w rolnictwie zastosowanie powszechna w UE zasada „zanieczyszczający płaci" (polluter pays principle). Inny aspekt tego problemu ujawnił się wraz z uświadomieniem roli dóbr publicznych dostarczanych przez rolników społeczeństwu UE, takich jak: zachowanie różnorodności biologicznej i krajobrazu, ochrona gleby, wody. Tego rodzaju dobra należy postrzegać w kategoriach pozytywnych efektów zewnętrznych gospodarki rolnej, gdyż za ich dostarczanie i konserwację rolnicy nie byli wcześniej na ogół wynagradzani ani przez państwo, ani przez rynek, podobnie jak nie ponosili konsekwencji za generowanie negatywnych efektów zewnętrznych. Skutkiem powyższych zjawisk stało się lepsze dostrzeganie i pełniejsze docenianie związków między rolnictwem a jego przyrodniczym otoczeniem oraz wzrost różnorodności celów i wartości jakie ma realizować rolnictwo w zintegrowanej Europie (rys. 1).



Rysunek 1. Wpływ efektów zewnętrznych rolnictwa na zmiany WPR (opracowanie własne)

Analizując wartość dóbr publicznych (w tym przypadku – środowiskowych) dostarczanych przez rolnictwo należy wziąć pod uwagę zarówno prywatne koszty ich dostawy ponoszone przez rolników, np. koszty rezygnacji z intensyfikacji produkcji, jak i zewnętrzne korzyści społeczne, których beneficjentem jest ogół społeczeństwa – np. wysoką jakość środowiska. Przyjmując, że dobra prywatne i publiczne wytwarzane przez rolników są wobec siebie bardziej substytucyjne niż komplementarne (komplementarne tylko do pewnego stopnia; rys. 2), w warunkach braku interwencji państwa, ze względu na koszty prywatne dostawy dóbr publicznych na rynek (brak rynkowego popytu, brak rekompensat) – dobra publiczne przegrywają konkurencję



Rysunek 2. Relacje substytucyjne i komplementarne dóbr prywatnych i publicznych dostarczanych przez rolnictwo (opracowanie własne)

z dobrami prywatnymi. W przypadku, gdy owe prywatne koszty ponoszone przez rolników są rekompensowane przez państwo (lub rynek), skłonność do dostarczania dóbr publicznych na rynek rośnie.

Istotne bodźce do szerszego uwzględniania problematyki środowiskowej w instrumentarium WPR stanowi także wzrost znaczenia bezpieczeństwa zdrowotnego żywności (food safety) i jej jakości wśród unijnych konsumentów oraz rozwój europejskiej sieci ekologicznej Natura 2000, której zadaniem jest ochrona najważniejszych i najbardziej reprezentatywnych dla kontynentu europejskiego ekosystemów wraz z towarzyszącą im fauną i florą, w tym także agroekosystemów, zajmujących znaczną część wyznaczonych obszarów naturowych. Ponadto koncepcja zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich to nośny społecznie i poprawny politycznie argument na forum WTO, uzasadniający interwencjonizm w europejskim rolnictwie. Należy przy tym pamiętać, iż w czynnik „środowisko" w UE–15 ma swoich interesariuszy nie tylko w postaci sił społecznych skupionych w organizacjach pozarządowych (**n**on-**g**overnmental **o**rganization – NGO), ale także reprezentację polityczną obecną w parlamentach i rządach, czego przykładem może być współrządząca Niemcami w latach 1998–2005 partia Związek 90/Zieloni (Bündnis 90/Die Grünen) z jej liderem Joschką Fischerem jako ministrem spraw zagranicznych. Wiele zatem wskazuje na to, że znaczenie instrumentów WPR wspierających pozarynkowe funkcje rolnictwa i rozwój obszarów wiejskich będzie nadal rosło kosztem instrumentów interwencji rynkowej.

Omawiane zjawiska i tendencje sprawiły, iż w postindustrialnym społeczeństwie UE pojawiło zapotrzebowanie na postindustrialne rolnictwo, które dostarczy mu, obok bezpiecznej żywności, odpowiedniej ilości i jakości dóbr publicznych w postaci atrakcyjnych krajobrazów, dziedzictwa kulturowego, różnorodności biologicznej. Ma ono jednocześnie stanowić argument przemawiający na rzecz ochrony unijnego rynku, a zarazem europejskiego modelu rolnictwa, przed konkurencją tanich, gdyż wytwarzanych w odmiennych reżimach środowiskowych, produktów żywnościowych o niskiej jakości w sensie ich bezpieczeństwa dla zdrowia człowieka. Funkcjonowanie takiego rolnictwa musi opierać się m.in. na szerokiej wiedzy o środowisku przyrodniczym oraz ekosystemowych współzależnościach, a mechanizmy jego wsparcia powinny być neutralne z punktu widzenia wpływu na międzynarodowy handel żywnością.

Efekty oddziaływania na środowisko wybranych instrumentów WPR w okresie 2004–2006[1]

Forsowana, słusznie zresztą, przez UE koncepcja zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich musiała znaleźć swój wyraz w zestawie instrumentów WPR zaproponowanych krajom, które przystąpiły do Unii 1 maja 2004 r. W Polsce priorytet sformułowany jako „Zrównoważony rozwój obszarów wiejskich" był obecny w pierwszym okresie programowania funduszy unijnych (2004–2006) zarówno w **P**lanie **R**ozwoju **O**bszarów **W**iejskich (PROW), jak i **S**ektorowym **P**rogramie **O**peracyjnym „**R**estrukturyzacja i modernizacja sektora żywnościowego oraz rozwój obszarów wiejskich" (SPOR). W sumie na 21 działań realizowanych w ramach PROW i SPOR aż 11 zostało formalnie powiązanych z omawianą koncepcją rozwoju.

W przypadku PROW w ramach rzeczonego priorytetu/celu realizowano następujące cztery działania:

- (nr 3): Wspieranie działalności rolniczej na **o**bszarach o **n**iekorzystnych **w**arunkach gospodarowania (ONW);
- (nr 4): Wspieranie przedsięwzięć rolnośrodowiskowych i poprawy dobrostanu zwierząt;
- (nr 5): Zalesienie gruntów rolnych;
- (nr 6): Dostosowanie gospodarstw rolnych do standardów Unii Europejskiej.

Z kolei w odniesieniu do SPOR pod hasłem „zrównoważony rozwój" zaproponowano siedem działań:

- (nr 2.1): Przywracanie potencjału produkcji leśnej zniszczonego naturalną katastrofą lub pożarem oraz wprowadzenie odpowiednich instrumentów zapobiegawczych;
- (nr 2.2): Scalanie gruntów;
- (nr 2.3): Odnowa wsi oraz zachowanie i ochrona dziedzictwa kulturowego wsi;
- (nr 2.4): Różnicowanie działalności rolniczej i zbliżonej do rolnictwa w celu zapewnienia różnorodności działań lub alternatywnych źródeł dochodów;
- (nr 2.5): Gospodarowanie rolniczymi zasobami wodnymi;
- (nr 2.6): Rozwój i ulepszanie infrastruktury technicznej związanej z rolnictwem;
- (nr 2.7): Pilotażowy Program Leader+.

Mając na uwadze, że zrównoważony rozwój to równoprawne, wobec środowiskowej, dwie sfery – społeczna i gospodarcza, do których skierowane są poszczególne działania unijnego wsparcia, należy podjąć próbę określenia podstawowego charakteru stosowanych instrumentów, również tych spoza formalnej „priorytetowej" kwalifikacji. Warto też oszacować kierunki i siłę oddziaływania na środowisko wszystkich działań PROW i SPOR. Efekty takiego podejścia, które z uwagi na subiektywny autorski charakter wymaga wszechstronnej weryfikacji, zawiera tabela 1.

---

[1] W niniejszym paragrafie wykorzystano opracowania: „Ewaluacja *ex post* Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich 2004–2006. Raport końcowy" [2] i „Prognoza oddziaływania na środowisko projektu PROW na lata 2007–2013" [3].

Tabela 1. Potencjalny wpływ instrumentów PROW i SPOR na środowisko przyrodnicze obszarów wiejskich

Działanie PROW, SPOR 2004–2006 (budżet: 5,38 mld Ż)	% budżetu PROW+ +SPOR	Charakter działania	Oddziaływanie na:			
			wody	gleby	kraj-obraz	różnorodność biologiczną
ONW	17,81	2; 3	++	++	++	++
Uzupełnienie płatności bezpośrednich	12,69	2	0/–	0/–	0/+	0/+
Dostosowanie do standardów UE	11,85	1; 3	+++	+	0	0/+
Inwestycje w gospodarstwach	11,23	1	+	+	0	0
Renty strukturalne	9,95	2	0/–	0/–	0/–	0/–
Poprawa przetwórstwa i marketingu	8,64	1	0/+	0	0/–	0/–
Gospodarstwa niskotowarowe	6,12	1; 2	0	0	0/+	0
Program rolnośrodowiskowy	4,07	3	+++	+++	+++	+++
Młody rolnik	3,22	1	0/–	0/–	0/–	0/–
Gospodarka zasobami wodnymi	2,45	1	0/–	+	–	–
Projekty SAPARD	2,23	?	?	?	?	?
Odnowa wsi	2,09	2	0	0	+	+
Różnicowanie działalności gosp.	1,99	1; 2	0/+	0/+	0	0/+
Zalesianie gruntów rolnych	1,58	3	+++	+++	+	+
Usługi doradcze, szkolenia	1,37	?	?	?	?	?
Pomoc techniczna	0,85	?	0	0	0	0
Rozwój infrastruktury technicznej	0,76	1; 3	++	++	+	0/+
Scalanie gruntów	0,40	1	0	0	–	–
LEADER+	0,35	2	?	?	?	?
Odtwarzanie zniszczonych lasów	0,23	3	+	+	+	+
Grupy producentów rolnych	0,12	1	–	–	–	–

Charakter działania (rzeczywisty, przeważający): (1) ekonomiczny (produkcyjny); (2) społeczny (socjalny); (3) środowiskowy (ochronny); (?) nieustalony (wielokierunkowy).

Oddziaływanie na elementy środowiska: (+) pozytywne (o zróżnicowanej sile); (–) negatywne; (0) neutralne; (?) nieustalone, wielokierunkowe.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ARiMR.

Należy podkreślić, że wielofunkcyjny charakter PROW i SPOR to ich istotna cecha zarówno na poziomie celów, jak i na szczeblu poszczególnych działań. Jednostkowe działanie może być bowiem równolegle ukierunkowane na produkcję dóbr prywatnych oraz na dostarczanie dóbr publicznych, w związku z czym funkcje gospodarcze i środowiskowe danego instrumentu wsparcia nie tylko się nie wykluczają, lecz ulegają wzmocnieniu. Przykładem są takie działania, jak: dostosowanie gospodarstw rolnych do standardów UE, rozwój i ulepszanie infrastruktury technicznej związanej z rolnictwem, a także niektóre warianty (pakiety) działań programu rolnośrodowiskowego – rolnictwo ekologiczne i rolnictwo zrównoważone. Są to instrumenty integralnie związane z produkcją, niemniej poprzez zmniejszenie presji na środowisko i modyfikację systemu gospodarowania, realizują zarazem cele ochrony wód, gleb, różnorodności biologicznej oraz kształtowania lokalnego krajobrazu.

Biorąc pod uwagę wielkość środków finansowych przeznaczonych na poszczególne działania PROW i SPOR należy stwierdzić, iż zaledwie kilka z nich mogło mieć znaczący wpływ na zrównoważony rozwój obszarów wiejskich w skali całego kraju. Korzystne potencjalne oddziaływanie na środowisko należy przypisać przede wszystkim: wspieraniu działalności rolniczej na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW), **d**ostosowaniu gospodarstw do **s**tandardów **U**E (DSU) oraz, mimo znacznie mniejszej skali finansowania, wspieraniu **p**rzedsięwzięć **r**olno**ś**rodowiskowych i poprawy dobrostanu zwierząt (PRŚ). W przypadku większości pozostałych działań ich zasięg oddziaływania na środowisko, zarówno w pozytywnym, jak i negatywnym zakresie, będzie miał jedynie lokalne znaczenie, mało widoczne na poziomie kraju, ze względu na ograniczoną liczbę projektów/gospodarstw, które otrzymały wsparcie. Uwaga ta dotyczy w zasadzie wszystkich instrumentów, których udział w całkowitym budżecie obu programów nie przekroczył 4%.

Analiza alokacji środków finansowych wydatkowanych w ramach PROW i SPOR wskazuje, że najkosztowniejszym działaniem było wspieranie rolnictwa na **obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania**[2]. W skali kraju w 2006 r. wsparcie otrzymywało 7 06 864 gospodarstw rolnych, użytkujących w sumie 7 017 735 ha (65,2% powierzchni ONW), którym do końca 2008 r. wypłacono łącznie 3 708 263 782 PLN [7]. Średnioroczna wysokość płatności na każdy hektar UR objętych działaniem 3. PROW wyniosła 183,12 PLN. W największym zakresie możliwości pozyskania unijnych środków z tytułu ONW wykorzystali producenci rolni z województwa podlaskiego – w trzech kolejnych latach (2004–2006) płatnościami objęto odpowiednio: 68,3%, 77,0% oraz 78,9% powierzchni województwa uprawnionych do uzyskania pomocy.

Relatywnie łagodne kryteria dostępu, duży zasięg terytorialny oraz niewielka wysokość jednostkowych płatności w stosunku do ogólnej kwoty alokowanych środków finansowych wskazują, że omawiane działanie w rzeczywistości realizuje przede wszystkim funkcje społeczne, a w odniesieniu do części beneficjentów ma nawet charakter wsparcia socjalnego. Niemniej instrument ten jednocześnie pełni równie ważne funkcje środowiskowe, gdyż po pierwsze, otrzymanie wsparcia wiąże się ze zobowiązaniem beneficjenta do przestrzegania zasad zwykłej dobrej praktyki rolniczej [5], co oznacza konieczność zapoznania się ze standardami ochrony siedlisk przyrodniczych, zasobów wodnych i glebowych, stosowania środków plonotwórczych, higieny oraz zastosowania tych norm we własnym gospodarstwie. W rezultacie maleje ryzyko przedostawania się do wód powierzchniowych i podziemnych niewykorzystanych składników pokarmowych oraz pozostałości chemicznych środków ochrony roślin.

---

2 W Polsce według danych IUNG jako ONW zostało sklasyfikowanych około 11 mln ha UR, które w 2004 r. stanowiły 66,5% powierzchni krajowych użytków rolnych (od 23,3% w województwie opolskim do 97,6% – w podlaskim).

Po drugie, warunkiem otrzymania płatności ONW jest obowiązek utrzymania (bądź przywrócenia) rolniczego użytkowania gruntów w okresie co najmniej 5 lat. Bez wątpienia przyczyniło się to do zmniejszenie powierzchni odłogowanych gruntów rolnych[3], jakkolwiek za proces ten odpowiadają nie tyle pojedyncze instrumenty interwencjonizmu państwowego, lecz raczej całkowity strumień środków unijnych, w tym płatności bezpośrednich, wydatnie poprawiający dochodowość wielu gospodarstw, a przez to skłaniający rolników do wznowienia czy kontynuacji produkcji. W tym kontekście należy wskazać na pierwszy filar WPR, który poprzez efekt synergii z PROW i SPOR również oddziałuje na środowisko.

Po trzecie, transfery finansowe hamują (przynajmniej w zamyśle) trendy depopulacyjne na terenach ONW, a zatem także wycofywanie się z tradycyjnych form gospodarowania przestrzenią wiejską, w tym zwłaszcza z ekstensywnej działalności rolniczej, która ma zasadniczy wpływ na zachowanie różnorodności biologicznej i walorów krajobrazowych obszarów wiejskich. Ponadto rzeczony instrument pośrednio oddziałuje na ochronę wartości środowiska kulturowego wsi, zarówno materialnych: zachowanie tradycyjnej zabudowy, tradycyjnych praktyk gospodarowania, jak i niematerialnych: kultywowanie zwyczajów i obrzędów ludowych. Wsparcie gospodarki rolnej ONW i podtrzymanie ich żywotności stanowi też pewną przeciwwagę wobec presji urbanizacji krajobrazu wiejskiego.

Generalnie należy pozytywnie ocenić wpływ omawianego działania na realizację zasad zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, chociaż zwiększone dochody gospodarstw rolnych mogą przekładać się w przypadku części podmiotów na intensyfikację produkcji. W większości małych obszarowo gospodarstw ogólna suma płatności bezpośrednich i z tytułu ONW jest na tyle niewielka, że nie może być źródłem finansowania inwestycji. Ważnym elementem kształtowania świadomości ekologicznej jest upowszechnianie wśród beneficjentów działania 3. PROW i pozostałych mieszkańców wsi wiedzy na temat zasadności finansowego wspierania ONW ze względów środowiskowych, nie tylko zaś uzasadnienia tych płatności realizacją celów społeczno-gospodarczych.

Dostosowanie gospodarstw rolnych do standardów UE w zakresie ochrony środowiska, poprawy dobrostanu zwierząt oraz higieny to największe pod względem budżetu i najszerzej dostępne działanie o charakterze inwestycyjnym. O jego atrakcyjności świadczy 72 591 rozpatrzonych pozytywnie wniosków o dofinansowanie, złożonych w ciągu pierwszych 6 tygodni od daty rozpoczęcia ich naboru. Do końca 2008 r. w ramach tego działania beneficjentom wypłacono łącznie 2 437 475 567 PLN, przy czym średnia kwota wsparcia wyniosła 33 578,21 zł i była najwyższa spośród wszystkich instrumentów PROW i SPOR.

---

3 W latach 2003–2006 powierzchnia odłogowanych gruntów zmniejszyła się w Polsce o około 57,5% z 1346,3 tys. do 572,2 tys. ha [2].

Zdecydowana większość projektów inwestycyjnych zgłoszonych do finansowania dotyczyła wyposażenia gospodarstw rolnych w urządzenia do przechowywania nawozów organicznych – wydatkowano na nie 96,5% budżetu działania 6. PROW. W efekcie powstało 70 762 płyt gnojowych o łącznej powierzchni 3,70 mln m^2, 70 505 krytych zbiorników na gnojówkę i gnojowicę (2,65 mln m^3) oraz 1908 zbiorników otwartych (0,47 mln m^3) [7]. Pozwoliło to w przypadku wielu gospodarstw na spełnienie wymogów dobrej praktyki rolniczej, co umożliwia m.in. otrzymywanie płatności ONW, przystąpienie do programów rolnośrodowiskowych. Należy dodać, że od 2009 r. spełnienie standardów unijnych w zakresie przechowywania nawozów organicznych jest warunkiem otrzymywanie pełnych płatności bezpośrednich wynikającym z zasady zgodności środowiskowej (cross-compliance[4]).

Zrealizowane dzięki omawianemu działaniu inwestycje będą miały bardzo istotny pozytywny wpływ na środowisko przyrodnicze obszarów wiejskich z uwagi na fakt, iż miejsce gromadzenia odchodów zwierzęcych jest największym potencjalnym źródłem zanieczyszczania wód gruntowych azotem i fosforem pochodzenia rolniczego w obrębie siedliska. Budowa szczelnych zbiorników na płynne nawozy organiczne i płyt obornikowych eliminuje bądź poważnie ogranicza zagrożenia zasobów wodnych ze strony takich punktowych źródeł zanieczyszczeń. Tym bardziej, że omawiane infrastrukturalne inwestycje koncentrują się w gospodarstwach towarowych, o dużej obsadzie zwierząt, zlokalizowanych na terenach głównych zbiorników wód podziemnych, stanowiących zasoby użytkowe – około 60% środków zainwestowano w województwach: wielkopolskim, mazowieckim i kujawsko-pomorskim. Efekty tego działania przekładają się także bezpośrednio na zmniejszenie zagrożeń zdrowia ludności wiejskiej, gdyż jeszcze nadal znaczna jej część korzysta z ujęć wody pierwszego poziomu wodonośnego zlokalizowanych w obrębie gospodarstwa.

Obok ograniczenia emisji zanieczyszczeń, takich jak obornik i gnojowica, przenikających wcześniej do wód gruntowych i powierzchniowych, ochrona zasobów wodnych i glebowych w ramach DSU wiąże się z optymalizacją terminów stosowania nawozów organicznych oraz ograniczaniem, podczas gromadzenia i przechowywania nawozów organicznych, strat zawartych w nich składników pokarmowych cennych dla uprawianych roślin.

Spośród wszystkich instrumentów PROW i SPOR za najważniejszy z punktu widzenia pozytywnego oddziaływania na środowisko przyrodnicze i krajobraz rolniczy należy uznać **program rolnośrodowiskowy**, nawet pomimo niewielkiej stosunkowo skali finansowania i zasięgu przestrzennego tego działania, którego istota polega na ograniczeniu antropopresji, ochronie specyficznych siedlisk oraz przechodzeniu na ekologiczne i zrównoważone systemy produkcji. Jego potencjalny duży

4 Dość niefortunne tłumaczenia to: „zasada wzajemnej zgodności" oraz „zasada współzależności", chociaż bardziej adekwatną do istoty tej zasady byłaby nazwa: „zasada zgodności środowiskowej".

korzystny efekt środowiskowy wynika z obowiązku przestrzegania zasad zwykłej dobrej praktyki rolniczej, konieczności zachowania trwałych ekstensywnych użytków zielonych wraz z ostojami dzikiej przyrody (szczególnie na obszarach Natura 2000), a także z realizacji funkcji glebochronnych, takich jak: odbudowa glebowej substancji organicznej, redukcja zagrożeń powodowanych erozją i zanieczyszczeniem gleb. Program rolnośrodowiskowy stanowi dla rolników finansową zachętę do dobrowolnego świadczenia usług na rzecz przyrody, które muszą wykraczać poza normy obowiązującego prawa i dobrych praktyk.

Działanie to służy realizacji kilku powiązanych ze sobą celów w dziedzinie ochrony środowiska, a mianowicie: 1) przywracaniu walorów lub utrzymaniu stanu cennych siedlisk użytkowanych rolniczo; 2) promowaniu zrównoważonego systemu gospodarowania; 3) odpowiedniemu użytkowaniu gleb i ochronie wód; 4) kształtowaniu struktury krajobrazu; 5) ochronie rodzimych ras zwierząt gospodarskich i odmian roślin uprawnych. Szczególnie istotna dla naszego kraju jest realizacja pierwszego z wymienionych celów, gdyż Polska wyróżnia się wysoką różnorodnością biologiczną przestrzeni rolniczej. Połowa z 482 zespołów roślinnych występujących na terenie kraju jest związana z obszarami rolniczymi, 45 typów zbiorowisk roślinnych użytkuje się w charakterze łąk i pastwisk – ich istnienie warunkowane jest określonym typem gospodarki rolnej [3]. Te zróżnicowane obszary stanowią ostoję około 100 gatunków ptaków związanych z krajobrazem rolniczym. Ekstensywne użytkowanie łąk sprzyja utrzymywaniu się dużej grupy gatunków flory, ginących w całej Europie, m.in. storczyków, roślin stepowych. Zachowało się też wiele gatunków chwastów polnych. Obserwowana jest przy tym prawidłowość, iż największym poziomem różnorodności biologicznej cechują się tereny rolnicze, gdzie w strukturze gospodarstw przeważają małe, prywatne podmioty, o wielokierunkowym i ekstensywnym charakterze produkcji, często funkcjonujące na granicy opłacalności ekonomicznej. W interesie ochrony bogactwa przyrodniczego leży zatem zachowanie funkcji rolniczej takich podmiotów, aby utrzymać ich pozytywny wpływ na środowisko.

Implementacja pakietów działań rolnośrodowiskowych pozwala na osłabienie tempa utraty różnorodności biologicznej terenów rolniczych, chociaż, biorąc pod uwagę obecny zasięg programów, nie należy spodziewać się szybkiego odwrócenia tego negatywnego trendu. Zgodnie z przyjętymi założeniami, działaniami rolnośrodowiskowymi miało zostać objęte około 1 mln ha użytków rolnych, na co pierwotnie przewidziano w budżecie PROW 348,9 mln euro. Ponieważ jednak początkowo program nie cieszył się dużym zainteresowaniem potencjalnych beneficjentów – w trakcie dwóch pierwszych naborów wniosków o płatności do końca sierpnia 2005 r. złożono łącznie około 30 tys. zobowiązań do realizacji poszczególnych pakietów działań rolnośrodowiskowych (obejmowały obszar 525 tys. ha użytków rolnych) na kwotę 286,7 mln PLN[5], a zatem dużo poniżej przewidywań – w efekcie

---

5 Dane ARiMR na dzień 29.09.2006.

budżet działania uległ redukcji o 37,3%. Trudności wynikały z niedostatecznej liczby odpowiednio przygotowanej kadry doradczej (w 2005 r. liczyła ona zaledwie 500 przeszkolonych doradców rolnośrodowiskowych) i niewydolnego systemu wdrożeniowego.

Ostatecznie do końca sierpnia 2006 r. w ramach czterech naborów, beneficjenci zgłosili gotowość podjęcia łącznie ponad 86 tys. zobowiązań na kwotę 696,6 mln zł, a wnioskowana do objęcia programem rolnośrodowiskowym powierzchnia użytków rolnych wyniosła 1,2 mln ha. Okazało się zatem, że omawiany program znajduje coraz więcej zwolenników nie tylko wśród zaangażowanych ekologów czy konsumentów żywności, ale również wśród rolników. O ile w 2004 r. – pierwszym roku wdrażania programu w Polsce – wnioski o wsparcie dotyczyły jedynie rolnictwa ekologicznego (ponad 3,5 tys. wniosków), o tyle w kolejnym roku wnioski o dofinansowanie odnosiły się do wszystkich siedmiu pakietów działań rolnośrodowiskowych (czterech ogólnopolskich: G01, K01, K02, S02 oraz trzech realizowanych w strefach priorytetowych: P01, P02, S01), które mogli wybrać polscy rolnicy.

Generalnie największą popularnością cieszył się pakiet K01 Ochrona gleb i wód (stosowanie wsiewek poplonowych oraz międzyplonów, co ogranicza erozję w tym wymywanie składników pokarmowych z gleby). Zobowiązania odnoszące się do działań w jego ramach podjęło 50 421 beneficjentów (63,1% ogólnej liczby 79 867 realizowanych pakietów). Atrakcyjnymi dla polskich rolników okazały się także działania objęte pakietami: P01 Utrzymanie ekstensywnych łąk (przywracanie lub kontynuacja wykaszania łąk o wysokich walorach przyrodniczych) – 14 213 (17,8%) oraz S02 Rolnictwo ekologiczne – 12 278 (15,4%). Znacznie mniej beneficjentów zdecydowało się na wdrażanie pozostałych pakietów: S01 Rolnictwo zrównoważone – 1953 (2,4%), P02 Utrzymanie ekstensywnych pastwisk – 1239 (1,6%), G01 Ochrona lokalnych ras zwierząt gospodarskich – 687 (0,7%), przy czym wyraźnie najmniej chętnie realizowano pakiet K02 Strefy buforowe (tworzenie dwu lub pięciometrowych pasów zadarnionych, na styku wód powierzchniowych oraz gruntów rolnych w celu ograniczenia spływów zanieczyszczeń rolniczych) – zaledwie 76 zobowiązań (0,1%).

Ogółem ze wsparcia w ramach działania 4. PROW skorzystało 70 600 rolników, którzy realizują kontrakty rolnośrodowiskowe na powierzchni 1 068 872 ha UR, co stanowi zaledwie około 4,0% gospodarstw rolnych o powierzchni powyżej 1 ha UR i 7,5% UR objętych płatnościami bezpośrednimi (5,8% UR w kraju). Stan ten jeszcze znacznie różni się od sytuacji w krajach UE-15, gdzie w 2001 r. w odsetek gospodarstw realizujących program rolnośrodowiskowy wynosił 16,5%, ale należy podkreślić, iż tego rodzaju płatności funkcjonują tam od 1993 r. Łącznie do końca 2008 r. w ramach omawianego działania polscy rolnicy otrzymali wsparcie w wysokości 814 896 909 PLN [7].

Biorąc pod uwagę fakt, że w ramach PROW 2007–2013 na finansowanie działań rolnośrodowiskowych przewidziano 1754 mln euro (11,5% budżetu PROW), kwota

ta pozwoli na realizację kontraktów zawartych do 2006 r. (około 800 mln euro) oraz objęcie programem kolejnych 60–65 tys. gospodarstw rolnych (954 mln euro). Przy takim poziomie finansowania nie należy jednak spodziewać się, iż udział gospodarstw realizujących program rolnośrodowiskowy w Polsce w perspektywie 2010 r. przekroczy 10%. W kolejnych latach, gdy zaczną wygasać pięcioletnie kontrakty z okresu 2005–2006, bez dodatkowego wsparcia finansowego trudno będzie ten stan utrzymać.

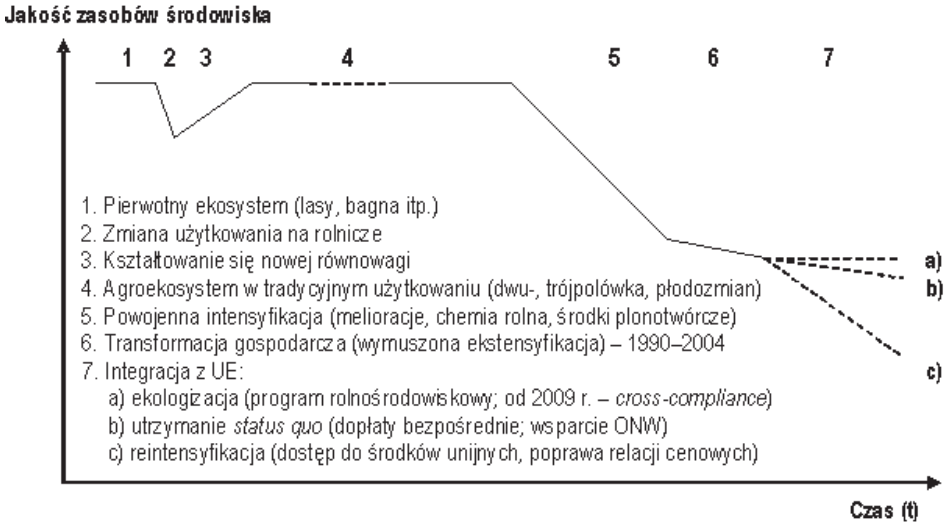
Należy zdawać sobie sprawę z faktu, iż działania PROW i SPOR nie były w stanie rozwiązać wszystkich problemów środowiskowych obszarów wiejskich, gdyż odnoszą się głównie do poziomu gospodarstw rolnych oraz, w niewielkim stopniu, do najmniejszych jednostek administracyjnych – gmin. Znaczna część tych problemów, np. gospodarka odpadami, wodno-ściekowa, musi być rozwiązywana przy wykorzystaniu innych środków, pochodzących z funduszy strukturalnych czy funduszu spójności.

Historyczne zmiany i współczesny obraz relacji rolnictwo–środowisko

Rolnictwo na przestrzeni wieków zawsze w istotny sposób wpływało na jakość zasobów i walorów środowiska przyrodniczego i nadal kształtuje ich charakter (rys. 3). Związki te mają charakter dwustronny: jakość zasobów środowiskowych determinuje wielkość i kierunki produkcji rolniczej, a gospodarka rolna zmienia zastane ekosystemy, kształtuje krajobraz, wpływa na jakość poszczególnych składników przyrody.

Pierwotne ekosystemy, takie jak w naszej szerokości geograficznej lasy i bagna, po objęciu ich użytkowaniem rolniczym wprawdzie radykalnie zmieniły swoje biologiczne oblicze, lecz relatywnie szybko ustaliła się tam nowa równowaga środowiskowa, która dzięki tradycyjnym formom gospodarowania (dwu- i trójpolówka, płodozmian) utrzymała się w Polsce do lat 50. Trudno jest ocenić czy inny skład gatunkowy roślin i zwierząt zamieszkujących nowe, ukształtowane przez rolnictwo siedliska w stu procentach zastąpił wcześniejsze bogactwo przyrodnicze. Niemniej obecnie uznaje się, że ekstensywnie użytkowane agroekosystemy, których nie pozostało już zbyt wiele w skali UE, są bardzo cenne z punktu widzenia ich różnorodności biologicznej i warte zachowania.

Naruszenie równowagi i obniżenie jakości zasobów środowiskowych przyniosła powojenna intensyfikacja gospodarki rolnej, w postaci realizowanych w dużej skali melioracji oraz wprowadzenia do produkcji chemii rolnej, środków plonotwórczych. Tendencje te osłabły w okresie transformacji gospodarczej, ale pojawiło się nowe zagrożenie – zaniechanie produkcji rolniczej, która na terenach marginalnych w warunkach ekstensywnego gospodarowania stała się nieopłacalna. Począwszy od 2004 r. na relacje rolnictwo–środowisko w coraz większym stopniu zaczęła wpływać integracja z UE. Oddziaływanie to ma charakter wielotorowy:



Rysunek 3. Wpływ rolnictwa na jakość zasobów i walorów środowiska w Polsce w ujęciu historycznymJakość zasobów środowiska (opracowanie własne)

1. Uruchomienie programu rolnośrodowiskowego, a później wprowadzenie zasady cross-compliance, stworzyło ekonomiczne bodźce do ekologizacji rolniczego użytkowania gruntów i ich ochrony. Ocena jest zdecydowanie pozytywna ze względu na bezkonfliktowe współistnienie funkcji ochronnej i funkcji rolniczej.
2. Dopłaty bezpośrednie i w ramach ONW skłoniły do ponownego rolniczego zagospodarowania odłogów i ugorów oraz osłabiły tendencje do porzucania pracy na roli, utrwalając jednocześnie rozdrobnioną strukturę agrarną. Trudno tu o jednoznaczną ocenę, z uwagi na różne kierunki tego zagospodarowania, w tym także intensyfikację produkcji.
3. Dzięki dostępowi do unijnych funduszy rolnych i poprawie relacji cenowych poważnie osłabły ekonomiczne bariery intensyfikacji, co w przypadku zwłaszcza większych gospodarstw skutkowało reintensyfikacją produkcji. Z punktu widzenia realizacji funkcji ochronnej należy zjawisko to należy ocenić negatywnie.

Ważnym aspektem objęcia polskiego rolnictwa instrumentarium WPR, wartym podkreślenia, była możliwość realizacji programu rolnośrodowiskowego, którego przejawem są zwiększone dopłaty do niskonakładowej, proekologicznej gospodarki rolnej. Efekty realizacji tego programu można rozpatrywać w trzech płaszczyznach: przyrodniczej, ekonomicznej i społecznej, co wyraźnie podkreśla jego zrównoważony charakter. Korzyści przyrodnicze wynikają z dostosowania metod i warunków produkcji rolnej do wysokich wymogów ochrony siedlisk i gatunków. Rolnik prowadzący działalność na gruntach o wysokich walorach przyrodniczych, gospodarując na nich w sposób przyjazny dla środowiska, przyczynia się do ochrony różnorodności biologicznej. Korzyści ekonomiczne w skali mikro, to przede wszystkim dodatkowe

źródło dochodów rolników świadczących usługi na rzecz środowiska, w skali makro zaś – atrakcyjniejsze środowisko zwiększające możliwości jego pozarolniczego wykorzystania (np. na potrzeby turystyki wiejskiej). Korzyści społeczne wiążą się zarówno z większą legitymizacją finansowego wsparcia rolnictwa, podniesieniem świadomości ekologicznej producentów rolnych, jak i z podtrzymaniem żywotności często peryferyjnie położonych obszarów wiejskich o wysokich walorach przyrodniczych.

Współcześnie środowisko przyrodnicze na obszarach wiejskich podlega bardzo zróżnicowanej presji powodowanej z jednej strony intensyfikacją produkcji rolnej, z drugiej zaś – zaniechaniem użytkowania gruntów rolnych, co w obydwu przypadkach prowadzi do utraty biologicznego zróżnicowania i walorów krajobrazowych. Najczęściej i najwyraźniej widoczne są negatywne interakcje, wynikające z nieuwzględniania powiązań stosowanych intensywnych technologii produkcji rolnej z mechanizmami funkcjonowania ekosystemów. Przejawiają się one m.in. w: upraszczaniu płodozmianów, zwiększaniu powierzchni monokultur, eliminacji drobnych biotopów, tj. zakrzaczeń śródpolnych, oczek wodnych, a także (choć w coraz mniejszym stopniu) nadmiernym, nieuzasadnionym technologicznie, zużyciem nawozów mineralnych i organicznych oraz środków ochrony roślin, bądź błędami w ich stosowaniu. Zagrożeniem bogactwa przyrodniczego obszarów wiejskich ze strony rolnictwa jest także paradoksalnie marginalizacja i opuszczanie użytków rolnych. Rezygnacja z uprawy ziemi nie powoduje bowiem automatycznego, samoistnego odtworzenia pierwotnych układów przyrodniczych. Wcześniejsza długotrwała ingerencja człowieka w ekosystemy trwale zmieniła ich charakter i kontynuacja ekstensywnej gospodarki rolnej staje się niezbędnym środkiem do zachowania poszczególnych elementów środowiska.

Oddziaływanie rolnictwa na środowisko ma również charakter pozytywny. Dotyczy przede wszystkim rolnictwa ekstensywnego, wspieranego polityką rolną UE, respektującego biologiczne współzależności, które w niewielkim stopniu ingeruje w procesy przyrodnicze i sprzyja zachowaniu równowagi środowiskowej. Pozornie zacofane, z punktu widzenia industrialnego paradygmatu rozwoju gospodarki rolnej, współcześnie staje się ono odpowiedzią na większość wymienionych wyżej problemów.

Przykładem zróżnicowanych reakcji na unijne bodźce mogą być zachowania i decyzje właścicieli gospodarstw rolnych Doliny Biebrzy (woj. podlaskie), które z punktu widzenia oddziaływania na środowisko przyrodnicze można podzielić na 3 grupy:

1. Gospodarstwa średniej wielkości korzystające z programu rolnośrodowiskowego – pozytywny wpływ na środowisko, gdyż wraca użytkowanie gruntów i to zgodnie z wymogami ochrony środowiska.
2. Gospodarstwa małe i średnie nie korzystające z programu rolnośrodowiskowego, w przypadku których użytkowanie gruntów wraca ze względu na płatności bezpośrednie – dwutorowy wpływ na środowisko: pozytywny w sytuacji utrzymania ekstensywnego charakteru produkcji rolnej; negatywny, jeśli mamy do czynienia z intensyfikacją, co zdarza się często w związku z wydzierżawianiem

użytków rolnych większym podmiotom gospodarczym prowadzących towarową produkcję, np. mleka.

3. Gospodarstwa duże, towarowe na ogół nie korzystające z programu rolnośrodowiskowego, gdyż jest to nieopłacalne przy obecnym poziomie płatności – negatywny wpływ na środowisko, bowiem wprawdzie wraca użytkowanie, ale znacznie bardziej intensywne.

Z obserwacji i wywiadów przeprowadzonych w drugiej połowie 2009 r. na terenach europejskiej sieci ekologicznej Natura 2000[6] zlokalizowanych w województwie podlaskim (doliny rzek: Biebrzy, Narwi, Bugu) wyłania się dość specyficzny obraz obszarów wiejskich tej części Polski. Z jednej strony mamy wsie, w których bardzo dobrze prosperują po 1–2 duże towarowe gospodarstwa, a w zasadzie już przedsiębiorstwa rolne, na ogół zajmujące się intensywną produkcją mleka, z drugiej – wsie, gdzie dominują gospodarstwa drobnotowarowe średniej wielkości produkujące zwykle zróżnicowany asortyment płodów rolnych przy wykorzystaniu metod o charakterze ekstensywnym. Te ostatnie znacznie częściej podejmują decyzje o realizacji programu rolnośrodowiskowego, co jest uwarunkowane w dużej mierze dostępem do informacji (aktywność doradców rolnych) i brakiem pozarolniczych źródeł dochodów (motywy ekonomiczne). Poważnym problemem w gospodarstwach, niezależnie od ich wielkości i poziomu towarowości jest brak następców. Dopełnieniem obrazu obu rodzajów wsi są „ostatni Mohikanie" – emeryci i ludzie tuż przed emeryturą, którzy: 1) jeszcze produkują na potrzeby własne, a właściwie „potrzeby" dopłat bezpośrednich lub 2) przekazali gospodarstwo miejskim „następcom", albo 3) wydzierżawili (sami bądź ich „następcy"; formalnie lub nieformalnie) użytki rolne większym gospodarstwom, często nieodpłatnie w zamian za możliwość pobierania dopłat bezpośrednich.

Podsumowanie

Za najważniejsze efekty wspierania rozwoju wsi i rolnictwa z funduszy unijnych oddziałujące bezpośrednio i pośrednio na środowisko przyrodnicze obszarów wiejskich należy uznać:

1. Zainicjowanie świadomych działań i procesów sprzyjających zachowaniu walorów przyrodniczych i krajobrazowych przestrzeni rolniczej. Należy tu jednak wskazać na nietrwałość rolnośrodowiskowych działań, z uwagi na: ekonomiczne, a nie świadomościowe kryteria wyboru, motywacje rolników oraz wyłączne oddziaływanie państwa, a nie rynku na podejmowane decyzje gospodarcze.

---

6 Badania w ramach projektu rozwojowego „Społeczno-gospodarcze uwarunkowania zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich objętych siecią Natura 2000 na terenie Zielonych Płuc Polski" Nr 11001204 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań Rozwoju.

2. Ograniczenie tendencji do wycofywania się z ekstensywnej, ważnej z punktu widzenia ochrony przyrody, produkcji rolniczej na terenach marginalnych, m.in. przez czasowe osłabienie trendów depopulacyjnych.
3. Przyspieszenie, nieuniknionych jednakże, zmian poziomu intensywności oraz dynamiki wzrostu towarowości większych obszarowo gospodarstw.

W przypadku wielu gospodarstw, szczególnie tych dużych, towarowych, wzrost dochodów, będący rezultatem transferu środków publicznych i wzrostu cen płodów rolnych, oraz podniesienie kwalifikacji zawodowych rolników na skutek finansowanych w ramach WPR szkoleń i doradztwa, implikuje wzrost intensywności gospodarowania. Jednakże zakładając brak unijnych impulsów rozwojowych należy stwierdzić, iż także wówczas miałaby miejsce intensyfikacja polskiego rolnictwa towarowego, tylko w wolniejszym tempie oraz, co bardzo istotne z punktu widzenia ochrony środowiska, bez konieczności przestrzegania wymogów środowiskowych, jakie nakładają fundusze UE. Inne mogłyby być także kierunki rozwoju, z pewnością w mniejszym stopniu uwzględniające kwestie przyrodnicze, gdyż w mikroekonomicznym rachunku nie mieszczą się efekty zewnętrzne w postaci kosztów i korzyści środowiskowych.

Pozytywny efekt środowiskowy działań, zachęcających beneficjentów do wykorzystywania rolniczego terenów mało opłacalnych ekonomicznie, ale cennych przyrodniczo, takich jak: płatności ONW, program rolnośrodowiskowy, czy dopłaty bezpośrednie, należy ocenić jako większy niż oddziaływania instrumentów przyspieszających zmiany strukturalne w rolnictwie (renty strukturalne, wsparcie młodych rolników, melioracje, scalenia gruntów), zagrażające głównie różnorodności biologicznej obszarów wiejskich[7]. Instrumentem o szczególnie korzystnym oddziaływaniu jest program rolnośrodowiskowy, który bezpośrednio wpływa na jakość zasobów przyrodniczych, a pośrednio – na wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich oraz kształtowanie świadomości ekologicznej lokalnych społeczności. Może on stanowić poważną alternatywę gospodarowania rolniczego na obszarach Natura 2000, gdzie udział gruntów rolnych szacowany jest na 1/3 ogólnej powierzchni utworzonej w Polsce sieci, a określone sposoby użytkowania rolniczego często są konieczne dla zachowania chronionych gatunków fauny i flory. Brak takiego wsparcia, które jest swego rodzaju wynagrodzeniem za usługi świadczone na rzecz utrzymania różnorodności biologicznej i walorów krajobrazowych, oznaczałby zaniechanie rolniczego użytkowania i w konsekwencji utratę cennych siedlisk na skutek procesu naturalnej sukcesji. Rzeczony program daje też szansę odtworzenia wielu takich siedlisk na terenach rolniczych.

---

[7] W przypadku innych zasobów środowiskowych, to bardziej poziom wiedzy agrotechnicznej niż poziom intensywności produkcji decyduje o stopniu zagrożenia równowagi ekologicznej.

Wprawdzie ocena wpływu PROW i SPOR na środowisko, z uwagi na omawiane wcześniej ograniczenia, bazuje głównie na wykorzystaniu ramowych wskaźników wdrażania poszczególnych instrumentów WPR, wyrażających skalę nakładów (wykorzystania dostępnych funduszy) i liczbę beneficjentów, to można wskazać kilka wymiernych zależności między działaniem a spełnieniem określonych celów środowiskowych. Do mierzalnych skutków działań PROW i SPOR w sferze środowiskowej można zaliczyć:

- przywrócenie walorów rolniczego krajobrazu części obszarów wiejskich – zmniejszenie areału odłogowanych użytków rolnych o około 780 tys. ha w skali kraju;
- ograniczenie ryzyka zanieczyszczenia wód azotem pochodzenia rolniczego – zatrzymanie w szczelnych zbiornikach 3,12 mln m^3 gnojówki i gnojowicy oraz obornika na 3,70 mln m^2 powierzchni płyt gnojowych;
- powstanie niewielkiej jeszcze grupy rolników świadomie świadczących usługi środowiskowe – ponad 70 tys. podpisanych kontraktów rolnośrodowiskowych;
- zachowanie różnorodności biologicznej na obszarach o dominacji ekstensywnych (wspieranych) metod produkcji – obserwowany wzrost populacji niektórych gatunków ptaków związanych z siedliskami użytkowanymi tradycyjnie (Farmland Bird Index) [2].

Zastrzeżenia, z punktu widzenia realizacji celów środowiskowych, może budzić dystrybucja środków finansowych programów PROW i SPOR. Struktura budżetu omawianych funduszy, wcześniejsze doświadczenia programu SAPARD, a także naukowy dyskurs na temat rozwoju obszarów wiejskich, wskazują, że priorytety środowiskowe WPR są w Polsce nadal postrzegane jako mniej istotne w relacji do gospodarczych i społecznych. Stąd też zainteresowanie rozwiązywaniem problemów ochrony środowiska obszarów wiejskich widoczne jest bardziej na poziomie deklaracji, niż decyzji zabezpieczających odpowiednie do wagi zagadnienia środki finansowe. Można wręcz odnieść wrażenie, że realizacja działań nakierowanych bezpośrednio na cele środowiskowe WPR została wymuszona przez UE, co w dużej mierze jest prawdą.

Udział płatności transferowych bezpośrednio związanych ze wspieraniem ochrony środowiska obszarów wiejskich (PRŚ, zalesienia, odtwarzanie lasów) wyniósł zaledwie 5,9% budżetu PROW + SPOR, związanych zaś pośrednio (ONW, DSU, rozwój infrastruktury technicznej) – 30,4%. Zdecydowana większość publicznego wsparcia rolnictwa (biorąc pod uwagę również płatności bezpośrednie) została przeznaczona na działania stymulujące rozwój gospodarczy. Taka hierarchia celów ma jednak swoje uzasadnienie, gdyż należy możliwie szybko zmniejszyć dystans rozwojowy dzielący polskie rolnictwo od rolnictwa wyżej rozwiniętych krajów UE. Tym bardziej, że spodziewana liberalizacja zasad handlu artykułami rolno-spożywczymi w ramach WTO może poważnie ograniczyć zakres i instrumentarium interwencjonizmu państwowego Unii. Ewentualne zmniejszenie zakresu publicznej pomocy dla rolnictwa w najmniejszym stopniu będzie dotyczyć projektów związanych z ochroną rolniczego i wiejskiego środowiska (jak dotąd nie budzą one zastrzeżeń na forum

WTO, chociaż może się to zmienić), zatem w przyszłości większość wsparcia unijne obszary wiejskie będą otrzymywać z tego tytułu. Racjonalnym wydaje się, wobec powyższego, wykorzystywanie obecnie w pierwszej kolejności innych, jeszcze dopuszczalnych, możliwości finansowania gospodarki rolnej.

W działaniach prorozwojowych należy przy tym bardzo odpowiedzialnie traktować zalecenia środowiskowe, szczególnie te dotyczące ochrony różnorodności biologicznej. O ile bowiem procesy degradacji wód, gleb, zanieczyszczenia powietrza, płodów rolnych, zmiany w krajobrazie są w dużym stopniu odwracalne, o tyle odtworzenie różnorodności biologicznej terenów wiejskich jest w większości przypadków niemożliwe[8]. Ważne jest, aby przyspieszony rozwój polskiej wsi i rolnictwa, pod wpływem dostępu do funduszy strukturalnych i instrumentów cenowo-rynkowych WPR, nie odbywał się kosztem środowiska i walorów krajobrazowych obszarów wiejskich, jak miało to miejsce wcześniej na terenach rolniczych krajów UE–15.

Zagrożenia związane z intensyfikacją produkcji rolnej osłabną wraz z wprowadzeniem zasady zgodności środowiskowej (cross-compliance), która ma w pełni obowiązywać w Polsce i pozostałych „nowych" krajach członkowskich UE od 2013 r.[9] Zgodność środowiskowa oznacza uzależnienie wysokości uzyskiwanych płatności bezpośrednich oraz niektórych płatności PROW 2007–2013 (ONW, PRŚ, zalesianie gruntów rolnych) od spełnienia przez rolników wielu wymagań i norm dotyczących:

- utrzymania gruntów wchodzących w skład gospodarstwa w dobrej kulturze rolnej (**G**ood **A**gricultural and **E**nviromental **C**onditions – GAEC) zgodnej z ochroną środowiska [6];
- podstawowych wymogów z zakresu gospodarowania (**S**tatutory **M**anagement **R**equirements – SMR) [6].

Normy w zakresie GAEC już od 2004 roku [4] obowiązywały krajowych producentów rolnych ubiegających się o dopłaty bezpośrednie. Szerszy zakres zobowiązań wiązał się z korzystaniem z płatności ONW, realizacją programu rolnośrodowiskowego czy dofinansowaniem inwestycji w gospodarstwach rolnych w ramach SPOR. W takim przypadku rolnik musiał dodatkowo stosować się do zasad zwykłej dobrej praktyki rolniczej na obszarze całego gospodarstwa, niezależnie od tego jaka część jego powierzchni objęta została dodatkowym wsparciem. Od 1 stycznia 2009 r. w ramach SMR w obszarze środowisko wprowadzone zostały wymagania dotyczące:

- ochrony dzikiego ptactwa i siedlisk przyrodniczych;
- ochrony wód gruntowych przed zanieczyszczeniem spowodowanym przez niektóre substancje niebezpieczne;

---

8 Według wykorzystywanego w UE do oceny zmian różnorodności biologicznej na obszarach rolniczych wskaźnika liczebności 19 pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego, tzw. Farmland Bird Index, utrata bioróżnorodności w latach 2000–2005 postępowała w Polsce w tempie 2–3% rocznie [3].

9 W UE–15 wszystkie wymogi cross-compliance obowiązują od 2007 r.

- ochrony środowiska, w szczególności gleby, w przypadku stosowania osadów ściekowych w rolnictwie;
- ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego;
- ochrony dzikiej fauny i flory.

Docelowo otrzymanie płatności bezpośrednich zgodnie z nowymi zasadami, których implementacja rozpoczęła się w 2009 r., uwarunkowane będzie przestrzeganiem przez rolników norm zawartych w 15 dyrektywach i 4 rozporządzeniach UE, dotyczących: ochrony środowiska, zdrowia publicznego, dobrostanu zwierząt oraz sposobów użytkowania gruntów nie pogarszających ich jakości.

W przypadku nieprzestrzegania standardów środowiskowych, unijne dopłaty będą redukowane proporcjonalnie do naruszeń. Sankcje, jakie spotkają rolników nie spełniających wymogów będą wiązać się z obniżeniem o 1–5% płatności bezpośrednich w danym roku. Jeśli stwierdzone w ramach kontroli nieprawidłowości nie zostaną usunięte, w kolejnych latach redukcja może wzrosnąć do 15–20% całkowitej kwoty wsparcia, a w przypadku wieloletnich, celowych uchybień – wynieść nawet 100%. W warunkach obowiązywania zasady cross-compliance, płatności ONW, nie mówiąc już o rolnośrodowiskowych, nadal będą odgrywać ważną rolę w ochronie zasobów środowiska przyrodniczego wsi, gdyż sankcje za nieprzestrzeganie standardów są tu znacznie dotkliwsze niż w odniesieniu do płatności bezpośrednich – zawieszeniu podlega cała należna kwota dotacji. Realizacja omawianej zasady, ze względu na zasięg oddziaływania, powinna przynieść relatywnie największe, spośród wszystkich instrumentów WPR, korzyści środowiskowe, dzięki upowszechnieniu dobrych praktyk rolniczych oraz podniesieniu świadomości ekologicznej producentów. Należy jednak zdawać sobie sprawę, iż zgodnie z teorią agencji rozbieżne funkcje celu rolnika–agenta i państwa/UE–pryncypała, przy relatywnie słabym zabezpieczeniu takiego kontraktu (zagrożenie stosunkowo niewielkim uszczupleniem płatności), mogą osłabiać pozytywne oddziaływanie cross-compliance na środowisko obszarów wiejskich. Powinno się zatem z jednej strony zadbać by zasada cross-compliance traktowana była przez rolników, a także decydentów, nie jako przeszkoda, czynnik wzrostu nakładów, ale dedykowany instrument wspierający ochronę środowiska przyrodniczego, z drugiej zaś – by jej implementacja nie wynaturzyła się biurokratycznie i nie obrosła nadmiernymi restrykcjami, co – jak wskazują krajowe doświadczenia – stanowi realne niebezpieczeństwo. Otwartą kwestią pozostaje także pytanie: czy i na ile uda się wywołać i utrwalić wśród mieszkańców wsi przeświadczenie o konieczności przestrzegania zasad prawidłowego gospodarowania zasobami środowiska, aby po osłabieniu stymulacyjnego działania bodźca finansowego beneficjenci pomocy publicznej nie wrócili do wcześniejszych praktyk?

Literatura

[1] Bołtromiuk A. 2009. Świadomość ekologiczna Polaków – zrównoważony rozwój. Raport z badań 2009, Instytut na Rzecz Ekorozwoju, Warszawa.

[2] Ewaluacja *ex post* Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich 2004–2006. Raport końcowy. Praca zbiorowa 2009. IERiGŻ–PIB, IRWiR–PAN, IUNG–PIB, BSM SP.J, Warszawa.

[3] Prognoza oddziaływania na środowisko projektu PROW na lata 2007–2013. Praca zbiorowa 2006, Agrotec, Instytut na Rzecz Ekorozwoju, Warszawa.

[4] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 7 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań utrzymywania gruntów rolnych w dobrej kulturze rolnej, Dz.U. Nr 65, poz. 600.

[5] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu udzielania pomocy finansowej na wspieranie działalności rolniczej na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania objętej planem rozwoju obszarów wiejskich, Dz.U. Nr 73, poz. 657.

[6] Rozporządzenie Rady (WE) nr 73/2009 z dnia 19 stycznia 2009 r. ustanawiające wspólne zasady dla systemów wsparcia bezpośredniego dla rolników w ramach wspólnej polityki rolnej i ustanawiające określone systemy wsparcia dla rolników, zmieniające rozporządzenia (WE) nr 1290/2005, (WE) nr 247/2006, (WE) nr 378/2007 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1782/2003, Dz.U. L 30 z 31.1.2009.

[7] Wstępna analiza realizacji Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2004–2006, MRiRW, Warszawa 2009.

Environmental results of rural development support from the EU funds

Key words: common agricultural policy, sustainable development, rural areas, natural environment, agri-environmental schemes

Summary

Paper presented some multidimensional relationships between agricultural economy and the natural environment, being actually shaped to large extent by the common agricultural policy of European Union. An attempt was made to identify the effects of the instruments applied by the Development Project of Rural Areas (PROW) 2004–2006, and the Sector Operational Program (SPO) "Agriculture", on particular resources and environmental values on the rural areas. The most important environmental effects of supporting the rural area development from the EU funds should be specified as follows: initiation of conscious farmer's activities for the benefit of nature, explicit reduction in lying fallow of the farm land, reduced risk of the surface water pollution, as well as an accelerated intensification rate of agricultural production by the market oriented farms and increasing pressure on the environment in some parts of rural areas.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 93–104

Pomoc z budżetu ogólnego Unii Europejskiej dla Polski w latach 2004–2008 i jej efekty

***Dorota Czykier-Wierzba*[1], *Paweł Wierzba*[2]**
[1] *Katedra Finansów, Uniwersytet Gdański*
ul. Armii Krajowej 101, 81-824 Sopot
e-mail: dwierzba@wzr.pl
[2] *Katedra Optoelektroniki, Politechnika Gdańska*
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: pwierzba@eti.pg.gda.pl

Słowa kluczowe: Unia Europejska, Polska, pomoc, budżet ogólny, efekty

Wprowadzenie

1 maja 2004 roku Polska stała się pełnoprawnym członkiem Unii Europejskiej i uzyskała prawo do pomocy z budżetu ogólnego tej organizacji. Stąd od 2004 roku wsparciem z tego budżetu objęte zostało polskie rolnictwo i obszary wiejskie oraz działania strukturalne realizowane w ramach polityki spójności. Niezależnie od tego w latach 2004–2006 Polska otrzymywała także pomoc przedakcesyjną realizowaną z programów: PHARE, ISPA i SAPARD oraz środki na poprawę płynności budżetu i na sfinansowanie technicznego wyposażenia przejść w ruchu osobowym na granicach lądowych i w ruchu lotniczym (tzw. instrument Schengen).

Przed wstąpieniem Polski do Unii na łamach prasy ekonomicznej prezentowana była długa lista problemów, jakie pojawią się w Polsce po uzyskaniu członkostwa w tej organizacji. Uważano, że wejście do UE stanowi zagrożenie utraty przez Polskę suwerenności, wartości patriotycznych, polskiej tradycji itp. Obawiano się także, że polskie rolnictwo okaże się nie konkurencyjne w stosunku do rolnictwa „starych" krajów Unii, co może doprowadzić do jego upadku. Przepowiadano, że po akcesji nastąpi w Polsce silny wzrost cen, załamanie kursu złotego, masowe bankructwa polskich firm, rewindykacje granic i poniemieckich majątków, utrata katolickiej tożsamości, pogorszenie stosunków z USA, zdominowanie przez Niemcy i Francję itp. [10].

Celem artykułu jest przedstawienie pomocy, którą uzyskała Polska w latach 2004–2008 z budżetu ogólnego Unii Europejskiej oraz efektów tej pomocy.

Transfery z budżetu ogólnego Unii Europejskiej do Polski w latach 2004–2008

Na okres, jaki upłynął od uzyskania przez Polskę członkostwa w UE przypadają dwie perspektywy finansowe. Pierwsza z nich realizowana była w latach 2000–2006 i druga, która rozpoczęła się w 2007 roku i będzie trwała do 2013 roku. W latach 2004–2008 w ramach tych perspektyw pomocą objęte zostały w Polsce, jak wynika z danych zawartych w tabeli 1, różne dziedziny życia gospodarczego i społecznego.

Tabela 1. Środki pochodzące z budżetu ogólnego UE [w mln euro] wykorzystane w Polsce w latach 2004–2008 [1: 215]

Wyszczególnienie	2004	2005	2006	2007	2008	Ogółem
Polityka Spójności w tym:	1050	1004	2146	4740	5170	14111
EFRR	497	431	992	2180	2395	6496
Wspólna Polityka Rolna w tym:	297	1542	1937	2770	2031	8578
płatności bezpośrednie	0	703	812	935	1038	3487
PROW	287	662	933	1768	847	4496
Transfery bezpośrednie	53	73	100	77	144	448
Środki Przejściowe	0	10	26	34	17	86
Instrument poprawy płynności budżetu	429	612	514	0	0	1555
Instrument Schengen	103	104	107	0	0	314
PHARE	365	333	222	0,9	0	921
SAPARD	118	339	0	0	35	492
Ogółem	2416	4018	5052	7622	7396	26506

Przyjmując jako kryterium wielkość transferów z budżetu UE do Polski można stwierdzić, że od początku akcesji najwięcej środków zostało wykorzystanych w Polsce na działania strukturalne, realizowane w ramach szeroko rozumianej polityki spójności. Podstawowym celem polityki spójności jest likwidacja dysproporcji w poziomie rozwoju poszczególnych regionów, w tym również obszarów wiejskich. Instrumentami służącymi do realizacji celów polityki spójności są fundusze strukturalne (tj. **E**uropejski **F**undusz **R**ozwoju **R**egionalnego – EFRR, **E**uropejski **F**undusz **S**połeczny – EFS, **F**inansowy **I**nstrument **W**spierania **R**ybołówstwa – FIWR i Sekcja Orientacji Funduszu FEOGA – **F**onds **e**uropéen d'**o**rientation et de **g**arantie **a**gricole – Europejski Fundusz Orientacji i Gwarancji Rolnej) i Fundusz Spójności. Podstawowym zadaniem tych funduszy jest wspieranie restrukturyzacji i modernizacji gospodarek krajów członkowskich w UE.

W latach 2004–2008 wśród źródeł finansowania polityki spójności w Polsce podstawową rolę odgrywał EFRR (tab. 1). Absorbował on około 46% środków przezna-

czonych na działania strukturalne. W latach 2004–2008 kwota środków z budżetu UE wykorzystanych w Polsce na finansowanie polityki spójności wzrosła 4,9 razy. Konsekwencją tego był wzrost udziału tych środków w ogólnej kwocie transferów wykorzystanych przez Polskę w latach 2004–2008 z 43,5% do 69,9% (tab. 1).

Obok polityki spójności wspierane były w Polsce z budżetu UE w latach 2004–2008 działania realizowane w ramach Wspólnej Polityki Rolnej. Obejmowały one m.in.: płatności bezpośrednie do dochodów rolniczych i środki towarzyszące, tj. Plan Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2004–2007 i Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013. Niezależnie od wymienionych wyżej w latach 2004–2008 stosowane były także różne instrumenty wsparcia rynkowego gospodarstw rolnych, w tym m.in. ceny interwencyjne podstawowych artykułów rolnych (tj. takich jak zboża, nasiona oleiste, mięso wołowe, cukier, produkty mleczne, tytoń itp.), dopłaty do prywatnego przechowywania płodów rolnych, subsydia eksportowe itp.

W latach 2004–2008 środki z budżetu Unii wykorzystane w Polsce na działania związane z realizacją WPR zwiększyły się 5,8 razy. Stąd również ich udział w ogólnej kwocie zrealizowanych w Polsce wydatków wzrósł z 12,3% w 2004 roku do 27,5% w 2008 roku. Wydatki te, pomimo ich wzrostu, były jednak znacznie niższe (z wyjątkiem 2005 roku), aniżeli środki wykorzystane na działania strukturalne realizowane w ramach szeroko rozumianej polityki spójności (tab. 1). Wśród wydatków związanych z realizacją WPR podstawową rolę odgrywały w latach 2004–2008 dopłaty bezpośrednie oraz Plan i Program Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW). W 2007 roku na te dwie grupy wydatków przypadało 92,7% (tab. 1).

Kolejną pozycją ujętą w tabeli 1 są Transfery bezpośrednie (średnio rocznie około 2% wydatków). Stanowiły je środki trafiające bezpośrednio do beneficjentów końcowych, tj. ministerstw, jednostek badawczo-rozwojowych, szkół wyższych, fundacji rządowych obsługujących programy współpracy z zagranicą, z pominięciem „kont Ministra Finansów". Były one przeznaczone na realizację m.in. takich programów jak: Erasmus, Młodzież w działaniu, VI i VII Program Ramowy itp. [1: 213].

W latach 2004–2008 obok wymienionych wyżej transferów z budżetu UE w ramach wsparcia dla Polski przewidziane zostały jeszcze trzy instrumenty, tj. Transition facility (Środki Przejściowe), Instrument poprawy płynności budżetu i Instrument Schengen (tab. 1). Pierwszy z tych instrumentów stanowił program pomocy poakcesyjnej i był przeznaczony na wsparcie administracji w nowych krajach członkowskich, w tym i w Polsce oraz stanowił kontynuację części przedakcesyjnej programu PHARE 2. Celem ustanowienia drugiego z instrumentów było ograniczenie ewentualnych napięć w budżecie krajowym w sytuacji, gdy od początku akcesji Polska musiała przekazywać pełne wpłaty do budżetu unijnego, a jednocześnie nie było wiadome czy będzie w stanie w pełni wykorzystywać środki strukturalne w pierwszym okresie członkostwa w Unii. Ponadto w latach 2004–2006 funkcjonował, jak wspomniano, również Instrument Schengen. Były to środki przeznaczone na sfinansowanie technicznego wyposażenia przejść w ruchu osobowym na granicach lądowych i w ruchu lotniczym w związku

z przewidywanym włączeniem Polski do porozumień Schengen[1]. Napływ środków z budżetu UE w związku z ustanowieniem trzech wymienionych wyżej instrumentów miał charakter przejściowy i w latach 2004–2008 ulegał stopniowemu zmniejszeniu. Ich udział w ogólnej kwocie wykorzystanych w Polsce środków z budżetu UE był niski i w latach 2004–2007 wynosił średniorocznie: Środki Przejściowe poniżej 1%, Instrument poprawy płynności budżetu 6% i Instrument Schengen 1%.

Po uzyskaniu członkostwa w Unii Polska otrzymywała w dalszym ciągu, podobnie, jak pozostałe nowe kraje, pomoc przedakcesyjną (tab. 1). Była to część środków w ramach programów ISPA, SAPARD oraz PHARE 2, których kraje te nie zdążyły wydatkować do dnia akcesji W latach 2004–2008 udział wydatków przeznaczonych na realizację programu PHARE w ogólnej kwocie wydatków wynosił średniorocznie 3%, a programu SAPARD 2% [1: 214].

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że po podsumowaniu uzyskanych w latach 2004–2008 z budżetu UE środków przeznaczonych na finansowanie polityki spójności i rozwoju obszarów wiejskich ich udział w ogólnej kwocie transferów do Polski wynosił średniorocznie ponad 70% [1: 216]. Jeżeli do tego doliczy się środki pochodzące z programu PHARE 2 i SAPARD to w latach 2004–2008 średniorocznie ponad 3/4 środków pochodzących z budżetu ogólnego UE zostało wykorzystanych w Polsce na działania prorozwojowe.

Efekty ekonomiczne i społeczne członkostwa Polski w UE

W latach 2004–2008 Polska wykorzystała 26,5 mld euro środków z budżetu ogólnego UE, z tego na działania strukturalne przeznaczono 14,1 mld euro i 8,6 mld euro na WPR (tab. 1). W związku z tym nasuwa się pytanie, jaki wpływ miało wykorzystanie tych środków na kształtowanie się w Polsce takich podstawowych wielkości makroekonomicznych jak: stopa wzrostu, inwestycje, handel zagraniczny, bezrobocie czy zatrudnienie?.

Z danych dotyczących zmian PKB w Polsce wynika, że po akcesji nastąpiło przyspieszenie tempa wzrostu PKB. Podczas gdy w latach 1999–2003 tempo to wahało się w przedziale od 1,2% do 4,5%, to po uzyskaniu członkostwa w UE kształtowało się ono w granicach od 3,6% w 2005 roku do 4,8% w 2008 roku (tab. 2). Istotny wpływ na tempo wzrostu gospodarczego w Polsce w latach 2004–2008 miało zwiększenie krajowego popytu konsumpcyjnego, dynamiki inwestycji i eksportu.

W Polsce w latach 2004–2008 konsumpcja wzrosła z 2,8% w 2003 roku i 6,8% w 2004 roku do 8,6% w 2007 roku [8]. Niezależnie od konsumpcji czynnikiem, który

---

[1] Spośród „starych" krajów UE do strefy Schengen nie przystąpiły: Wielka Brytania i Irlandia. Stowarzyszone są natomiast ze strefą kraje: Islandia i Norwegia, które nie są członkami Unii [17: 36].

wpłynął na przyspieszenie tempa PKB w Polsce był, jak wspomniano, wzrost nakładów inwestycyjnych. Podczas gdy w 2003 roku dynamika nakładów inwestycyjnych wynosiła w Polsce 0,6% to w 2004 wzrosła do 6,4%, a w roku 2008 wyniosła 8,7% (tab. 2). W latach 2004–2008 na zwiększenie dynamiki nakładów inwestycyjnych wywarło wpływ wykorzystanie środków z funduszy strukturalnych i Funduszu Spójności. Niezależnie od tego do wzrostu nakładów inwestycyjnych w Polsce przyczynił się, w związku z poprawą po akcesji stabilności makroekonomicznej i wiarygodności Polski oraz zaufania inwestorów, napływ bezpośrednich inwestycji zagranicznych (BIZ).

Tabela 2. Wybrane wielkości makroekonomiczne charakteryzujące Polską gospodarkę w latach 2004–2008 [1: 34, 55, 18: 655, 14: 448, 7: 290, 8]

	2004	2005	2006	2007	2008
Dynamika zmian PKB [%]	5,3	3,6	6,2	6,6	4,8
PKB per capita [tys. USD]	14,0	14,6	–	15,9	16,3
Dynamika nakładów inwestycyjnych [%]	6,4	7,7	16,8	20,4	8,7
Bezpośrednie inwestycje zagraniczne [mld euro]	10,3	8,3	15,6	16,6	11,2
Eksport [mld euro]	60,3	71,9	88,2	102,3	111,5
Import [mld euro]	72,1	81,2	101,1	120,9	139,3
Stopa bezrobocia [%]	19,0	17,8	13,9	9,6	7,1
Stopa zatrudnienia [%]	51,7	52,8	54,5	57,0	57,0

W latach 2004–2008 wartość napływu do Polski BIZ była znacznie wyższa, aniżeli w ciągu pięciu lat poprzedzających akcesję i wyniosła niemal 62,0 mln euro (czyli średniorocznie 12,68 mln euro), wobec 32,2 mln euro w latach 1999–2003. Rekordowy napływ BIZ do Polski wystąpił w 2006 i 2007 roku i wynosił odpowiednio: 15,6 mln euro i 16,6 mln euro (tab. 2). Warto podkreślić, że po akcesji zwiększył się napływ BIZ zarówno z krajów członkowskich UE, jak i państw trzecich. Wśród inwestorów z UE-15 najwięcej inwestycji pochodziło z Niemiec, Francji, Holandii i Luksemburga. Wstąpienie Polski do UE nie było, jak się wydaje, jedynym czynnikiem, który wywarł wpływ na zwiększenie napływu do Polski BIZ. Dla inwestorów zagranicznych ważna była także możliwość zatrudnienia w Polsce wysokokwalifikowanych pracowników, relatywnie niskie koszty pracy, relatywnie niski, w porównaniu z krajami UE-15 (z wyjątkiem Cypru, Irlandii, Łotwy i Węgier) podatek CIT, a także inne zachęty inwestycyjne oferowane inwestorom, np. w specjalnych strefach ekonomicznych [1: 54–57].

Obok inwestycji na przyspieszenie w latach 2004–2008 tempa wzrostu PKB w Polsce miał również wpływ handel zagraniczny, w tym szczególnie jednak eksport. Po akcesji nastąpił wzrost obrotów handlowych z zagranicą i to zarówno z krajami

UE, jak i krajami trzecimi[2]. Z tymi ostatnimi obroty handlowe wzrastały jednak nieco wolniej, aniżeli z krajami UE. Stąd ich udział w wymianie handlowej z Polską kształtował się na poziomie 22,5%. Oznacza to, że niemal 80% polskiego eksportu znajdowało odbiorców w pozostałych krajach UE. Wzrosły także obroty handlowe wewnątrz grupy nowych krajów członkowskich (z 10,35% w 1999 do 13,5% w 2004 roku i 17,29 w 2007 roku) [1: 44–45]. Na wzrost obrotów handlowych wpłynął, w dużym stopniu, fakt, że w wyniku integracji polscy przedsiębiorcy uzyskali swobodny dostęp do wspólnotowego rynku wewnętrznego, liczącego około 500 mln konsumentów. Niezależnie od tego wielkość obrotów handlowych wzrosła w konsekwencji objęcia Polski wspólną polityką handlową (WPH) i stosowania dopłat do eksportu poza granice UE (tzw. refundacje eksportowe), a także przyjęcia wspólnotowych, preferencyjnych stawek celnych wobec wybranych krajów.

Jeżeli chodzi o strukturę towarową polskiego eksportu to z dostępnych danych wynika, że największy wzrost eksportu dotyczył towarów rolno-spożywczych. Podczas gdy w latach 2004–2008 ogólna wartość polskiego eksportu wzrosła z 60,3 mld euro do 111,5 mld euro to w ciągu pięciu lat członkostwa Polski w Unii eksport produktów rolno-spożywczych wzrósł z 4 do 11,3 mld euro, czyli o 182,5%[3]. W konsekwencji nastąpił wzrost dodatniego salda handlu zagranicznego tymi produktami z krajami UE z 0,4 mld euro w 2003 roku do 1,5 mld euro w 2008 roku [12: 4]. Te korzystne zmiany w zakresie handlu zagranicznego świadczą, że polska oferta eksportowa była atrakcyjna cenowo dla zagranicznych odbiorców, a produkty rolno-spożywcze dobrej jakości. Warto, jak sądzę podkreślić, że po akcesji ten szybki wzrost eksportu artykułów rolno-spożywczych nie byłby możliwy bez wsparcia tego przemysłu środkami z UE w okresie przedakcesyjnym w ramach programu SAPARD i po akcesji, tj. w latach 2004–2006 w ramach SPO „Rolnictwo". Środki z tych programów zakłady przetwórcze wykorzystały bowiem na inwestycje mające na celu dostosowanie się do standardów unijnych (tj. sanitarnych, weterynaryjnych, ochrony środowiska i dobrostanu zwierząt) oraz obowiązujących w Unii systemów zarządzania jakością.

Po akcesji wysoka dynamika eksportu dotyczyła również branży chemicznej, maszynowej i sprzętu transportowego. Ponadto po integracji następowały korzystne zmiany w strukturze polskiego eksportu polegające na systematycznym wzroście w tej strukturze udziału dóbr o wysokim poziomie przetworzenia, wymagających zastosowania nowoczesnej techniki [1: 46].

---

2 W latach 2004–2008 obroty handlowe wzrosły w Polsce z 136,2 mld euro do 250,8 mld euro [9: 8].

3 W latach 2004–2008 przedmiotem eksportu z Polski do UE było głównie mięso drobiowe, artykuły mleczarskie, owoce, warzywa i wyroby piekarnicze [9: 8].

Znacznie szybciej, aniżeli eksport wzrastał w latach 2004–2008 w Polsce import. W ciągu pięciu lat zwiększył się on z 72,1 mld euro do 139,3 mld euro (tab. 2). W przypadku importu jego szybki wzrost wiązał się z przyspieszeniem w Polsce po akcesji tempa wzrostu gospodarczego oraz umacnianiem się złotego.

Członkostwo Polski w UE wywarło również wpływ na poprawę sytuacji na polskim rynku pracy. Inwestycje realizowane przez przedsiębiorstwa z dotacji unijnych oraz napływ BIZ przyczynił się do powstania w Polsce nowych miejsc pracy. Z analizy przygotowanej przez Ministerstwo Rozwoju Regionalnego wynika, że od października 2004 roku do grudnia 2006 roku liczba zatrudnionych wzrosła w Polsce o 320 tys. osób (stanowiło to 37% ogólnego wzrostu zatrudnienia), co wpłynęło na spadek stopy bezrobocia oraz wzrost stopy zatrudnienia [15: 2]. W latach 2004–2008 stopa bezrobocia obniżyła się z 19,0% w 2004 roku do 6,7% w 2008 roku, stopa zatrudnienia zaś wzrosła z 51,7 w 2004 roku do 57,0% w 2008 roku (tab. 2).

W latach 2004–2007 ograniczenie bezrobocia w Polsce nastąpiło również w wyniku otwarcia rynków pracy dla Polaków przez: Szwecję Wielką Brytanię i Irlandię. Brak jest jednak dokładnych danych ilu Polaków pracuje za granicą. Ocenia się, że może to być od 1 mln do 2,3 mln [10: 8]. Napływ Polaków do pracy za granicę złagodził występujący tam w niektórych specjalnościach deficyt siły roboczej i przyczynił się do tworzenia nowych miejsc pracy. Wysokie kwalifikacje polskich pracowników i ich solidna praca spowodowały, że do Polski zaczęli przyjeżdżać zagraniczni pracodawcy i prowadzić akcje werbunkowe. Masowe emigracje zarobkowe sprawiły jednak, że na polskim rynku pojawiły się w wielu sektorach gospodarki niedobory siły roboczej[4]. Ubocznym tego skutkiem stał się szybki wzrost płac, który nie zawsze był związany ze wzrostem wydajności pracy. Stąd wywołał on impuls inflacyjny.

Po akcesji w wyniku wykorzystania funduszy strukturalnych, w tym szczególnie Europejskiego Funduszu Społecznego (EFS), nastąpił wzrost kwalifikacji zatrudnionych w gospodarce. Ze środków tego ostatniego funduszu objęto bowiem wsparciem ponad 1,1 mln osób. Z tej liczby około 520 tys. osób stanowili pracownicy firm i około 630 tys. osób. bezrobotni [16]. W przypadku tych ostatnich środki z EFS zostały przeznaczone głównie na finansowanie aktywnych instrumentów walki z bezrobociem, tj. takich jak: kursy i szkolenia umożliwiające nabycie, podniesienie lub zmianę kwalifikacji i kompetencji zawodowych, staże, subsydiowanie zatrudnienia, doradztwo zawodowe, pomoc w poszukiwaniu pracy, wsparcie przy zakładaniu własnej firmy. W wyniku wykorzystania środków z tego funduszu wielu bezrobotnych mogło uzyskać, podnieść lub zmienić kwalifikacje na zgodne z popytem na rynku pracy. Szacuje się, że dzięki temu ponad 400 tys. bezrobotnych znalazło zatrudnienie [3].

---

4 Przykładowo w sektorze budowlanym co czwarta firma miała trudności z pozyskaniem pracowników, a w sektorach: przetwórczym, transportowym i handlu co dziesiąta [1: 252].

Uzyskanie członkostwa w UE przyniosło korzyści również polskiej młodzieży. W ramach programów unijnych (np. programu Erasmus) studenci wyjeżdżają na kilkumiesięczne studia za granicą. Rocznie korzysta w Polsce z takich form kształcenia około 11–12 tys. studentów. Niezależnie od tego młodzież zaczęła podejmować studia za granicą. Przykładowo w Niemczech kształci się rocznie około 14 tys. Polaków [6]. Warto, jak sądzę, podać, że polityka UE w zakresie edukacji zmierza do tego, aby każdy student, przynajmniej przez jeden semestr, kształcił się za granicą.

Obok inwestycji i eksportu czynnikiem, który w latach 2004–2008 wywarł wpływ na wzrost PKB w Polsce był wzrost wydajności pracy. W latach 2000–2003 wydajność pracy, mierzona jako wielkość PKB wytworzona przez godzinę wykonywanej pracy, kształtowała się w Polsce na poziomie 40,5–44% średniej dla UE-15, a w latach 2004–2007 wzrosła z 51,1% do poziomu 59,9% średniej dla Unii-27. Z kolei wydajność pracy na osobę zwiększyła się z 65% w 2004 roku do 67,4% w 2007 roku [7: 79]. Na poprawę tego wskaźnika w dużej mierze wywarła wpływ realizacja w latach 2004–2006 inwestycji dofinansowanych z funduszy unijnych, napływ BIZ oraz racjonalniejsze wykorzystanie pracowników w gospodarce, a także wzrost kwalifikacji zatrudnionych.

Po akcesji nastąpiła poprawa sytuacji materialnej ludności w Polsce. Złożyło się na to szereg przyczyn. Jedną z nich było przyspieszenie, w związku z integracją Polski z UE, wzrostu gospodarczego, co skutkowało, jak wspomniano, spadkiem bezrobocia i wzrostem zatrudnienia. Na spadek bezrobocia w Polsce wpłynęło również otwarcie rynków pracy za granicą. Dzięki temu część ludności znalazła, jak wspomniano, lepiej płatną, aniżeli w Polsce pracę za granicą. Według szacunków Banku Światowego pracujący za granicą przesyłają do Polski rocznie równowartość 20 mld USD[5]. Środki te powiększają dochody wielu pozostających w kraju rodzin. W konsekwencji transfery walutowych oszczędności od emigrantów stały się też istotnym elementem polskiego rachunku obrotów bieżących.

Na poprawę sytuacji materialnej ludności w Polsce po akcesji wpłynął również wzrost płac. W wyniku masowej migracji za granicę w kraju zaczęło brakować, jak wspomniano, pracowników różnych specjalności. Skutkiem tego był wzrost płac nie zawsze powiązany, jak wspomniano, ze wzrostem wydajności pracy. W 2004 roku przeciętne miesięczne wynagrodzenie wynosiło 2290 PLN, a w 2007 i 2008 roku kształtowało się odpowiednio na poziomie: 2691 PLN i 2944 PLN [1: 52].

Kolejnym czynnikiem, który wpłynął na poprawę sytuacji materialnej ludności w Polsce było objęcie polskiego rolnictwa mechanizmami Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) i wspólnej polityki handlowej (WPH). Stąd w latach 2004–2008 dużą rolę we wzroście dochodów rolników odegrały dopłaty bezpośrednie. Z obliczeń ARiMR

5 Więcej od Polaków przesyłają do swoich krajów emigranci z Indii, Chin, Meksyku i Filipin. [9: 9].

wynika, że w latach 2004–2008 rolnicy otrzymali z tytułu dopłat bezpośrednich około 37 mld PLN [11: 2). Jeżeli obok dopłat bezpośrednich uwzględni się środki z krajowego budżetu skierowane na wieś to w sumie w latach 2004–2008 wieś otrzymała 57,1 mld PLN [19]. W konsekwencji po akcesji systematycznie wzrastał, podobnie jak w innych krajach UE, udział dopłat w dochodach rolników i wynosił on: 38,9% w 2004 roku, a w 2008 roku 49,9%, podczas gdy przed akcesją udział dopłat ze środków publicznych nie przekraczał w Polsce 10% [12: 7] . Według danych Eurostatu w 2008 roku przeciętny dochód osoby zatrudnionej w polskim rolnictwie był wyższy o 90% od poziomu osiągniętego w 2000 roku [9: 8]. Obok dopłat unijnych wzrostowi dochodów sprzyjała także po akcesji poprawa koniunktury w rolnictwie. W konsekwencji zmienił się na korzyść rolnictwa wskaźnik relacji cen. I tak ceny produktów rolnych, w związku z całkowitym zniesieniem barier dostępu produktów rolno-żywnościowych na rynki UE, wzrosły o 11,4%, ceny zaś towarów i usług kupowanych przez rolników o 8,6% [5:16].

Biorąc pod uwagę przytoczone wyżej liczby należy zgodzić się z poglądem prof. J. Wilkina, że „Po 2004 roku do rolnictwa napłynęły ogromne pieniądze, nieporównywalne z jakimkolwiek okresem w naszej historii. (...) Takiego komfortu rolnicy nie mieli nigdy. Okazało się, że dostają pensję z Unii"[20: 25). Nie można też pomijać faktu, że wraz z wejściem do Unii polscy rolnicy uzyskali, poczucie stabilności. W UE nie zmienia się bowiem polityki rolnej w trakcie trwającej siedem lat perspektywy finansowej. Dopiero w trakcie dyskusji nad założeniami kolejnej perspektywy finansowej mogą być wprowadzone zmiany w mechanizmach WPR.

Przedstawiając korzyści wynikające z członkostwa Polski w UE należy uwzględnić także niewymierne efekty wynikających z tego członkostwa [4: 118–119]. Można do nich zaliczyć: wymuszone procedurami obowiązującymi w Unii, usprawnienie funkcjonowania administracji, poprawę w zakresie planowanie rozwoju regionalnego i koordynowania różnych przedsięwzięć dotyczących tego rozwoju, stabilność finansowania działań rozwojowych czy bardziej racjonalne rozdysponowanie środków publicznych itp. Nie można też pomijać faktu, że wykorzystanie w latach 2004–2008 środków z funduszy strukturalnych i Funduszu Spójności przyczyniło się do aktywizacji regionalnego potencjału wytwórczego, rozwoju partnerstwa publiczno-prywatnego oraz nawiązywania współpracy i wymiany doświadczeń pomiędzy regionami w Polsce oraz polskimi regionami i regionami w innych krajach Unii.

W konsekwencji pozytywnych zmian, jakie dokonały się w Polsce w trakcie członkostwa w UE, nastąpił wzrost poparcia społecznego dla idei integracji europejskiej. Według najnowszych badań CBOS aż 80% naszych obywateli jest zadowolonych z obecności w UE, a tylko 9% jest z tego niezadowolonych. Tylko w nielicznych krajach społeczna akceptacja członkostwa w UE jest tak wysoka. W Polsce z członkostwa w UE najbardziej zadowoleni są ludzie młodzi, wykształceni i mieszkający w dużych miastach. Tymczasem na pół roku przed akcesją tylko 50% Polaków akceptowało integrację, a prawie 30% było jej przeciwnych [6].

Podsumowanie

Do przedstawionych wyżej liczb charakteryzujących wpływ integracji na spójność ekonomiczną i społeczną Polski z Unią należy podchodzić z dużą ostrożnością. Na osiągnięte w Polsce w latach 2004–2008 wskaźniki makroekonomiczne wywarły bowiem wpływ, jak wspomniano, obok integracji z Unią także inne czynniki, w tym m.in. procesy globalizacji, koniunktura na świecie, napływ BIZ, pomoc uzyskana z UE w okresie przedakcesyjnym itp. Należy także pamiętać, że realizowane w Polsce od 2004 roku inwestycje przyniosą efekty dopiero w latach następnych. Podkreślić też należy, że żaden ze stosowanych obecnie w literaturze wskaźników nie pozwala na wyodrębnienie „czystego" efektu wsparcia z funduszy strukturalnych[6]. Pomimo tych zastrzeżeń można stwierdzić, że w wyniku przeznaczenia środków unijnych na inwestycje nastąpiło w Polsce przyspieszenie tempa wzrostu gospodarczego. Komisja Europejska ocenia, że proces akcesyjny przyspieszył wzrost gospodarczy w nowych krajach członkowskich o około 1,3 punktu procentowego. W konsekwencji przyspieszenia tempa wzrostu PKB nastąpiło zwiększenie PKB na jednego mieszkańca z 14,0 tys. USD w 2004 roku do 16,3 tys. USD w 2008 roku [8]. Stąd przed przystąpieniem Polski do Unii przeciętne PKB na mieszkańca stanowiło jedynie 48,9% średniej unijnej, podczas gdy udział ten w 2008 roku wzrósł do 55,2% średniej unijnej. Liczby te wskazują, że w latach 2004–2008 nastąpiło zmniejszenie dysproporcji w poziomie rozwoju pomiędzy Polską a krajami UE-27.

W wyniku pomocy unijnej oraz napływu BIZ nastąpiło unowocześnienie polskiej gospodarki. Dostęp do funduszy unijnych umożliwił zwiększenie w wielu przedsiębiorstwach inwestycji, przeprowadzenie modernizacji wielu firm, poprawę produktywności, dostosowanie się do standardów unijnych. Zwiększyła się także konkurencyjność i innowacyjność polskich przedsiębiorstw.

Z powyższych rozważań wynika, że w latach 2004–2008 w wyniku integracji z UE nastąpiło w Polsce szereg pozytywnych zmian zarówno w sferze gospodarczej, jak i społecznej. Przedstawiając jednak korzyści z członkostwa Polski w UE należałoby zastanowić się, jakich problemów nie udało się rozwiązać w latach 2004–2008?.

Pomimo ograniczenia w Polsce w latach 2004–2008 bezrobocia stopa zatrudnienia była najniższa w UE (z wyjątkiem Malty) i wynosiła w 2008 roku 57%. Oznacza to, że w Polsce pracowało zaledwie 57% osób w wieku 15–64 lat, podczas gdy w krajach skandynawskich wskaźnik ten przekraczał 70% (w Danii wynosił 77%, w Holandii 76% w Szwecji 74,2%) [7: 281]. Problemami, których nie udało się rozwiązać w latach 2004–2008 są biurokratyczne utrudnienia w rozwoju prywatnej przedsiębiorczości, bariery inwestycyjne, niekompetentność i nieżyczliwość administracji. Ponadto pomimo wykorzystania środków z funduszy unijnych w dalszym

---

6 Pewną rolę w tym zakresie odgrywa stosowany w UE model Hermin.

ciągu mamy do czynienia z niewydolnym wymiarem sprawiedliwości. Słabo rozwinięta jest też w Polsce infrastruktura transportowa. Zbyt mało, w stosunku do innych krajów UE, produkuje się w Polsce energii ze źródeł odnawialnych. W dalszym ciągu niższy jest też w Polsce, aniżeli w krajach UE-15 procent mieszkańców użytkujących internet (w Polsce wynosił on w 2008 roku 52%)[7].

Podobne dysproporcje występują pomiędzy Polską, a bogatymi krajami UE w zakresie wydatków na badania i rozwój. Polska ze wskaźnikiem 0,6% PKB pozostaje daleko w tyle za takimi krajami jak: Szwecja, w której wydatki na badania i rozwój stanowią około 3,6% PKB, Finlandia (3,5%), Austria (2,6%) i Dania 2,5% [7: 36].

Wynika stąd, że lista problemów do rozwiązania w następnych latach jest długa. Od 2007 roku realizowana jest w UE nowa perspektywa finansowa, która obejmuje lata 2007–2013. W tych latach Polska będzie głównym beneficjentem pomocy unijnej. W sumie w latach 2007–2013 kwota przeznaczona na finansowanie tego rozwoju (środki unijne i krajowe) wyniesie około 85,6 mld euro. Wykorzystanie tych środków stwarza szansę dalszej poprawy w Polsce podstawowych wskaźników makroekonomicznych. Biorąc jednak pod uwagę trwające od końca 2008 roku spowolnienie gospodarcze w Polsce i recesję w innych krajach trudno jest prognozować, jak znaczne zmiany tych wskaźników nastąpią w Polsce w latach 2007–2013 oraz o ile zmniejszy się dystans w poziomie rozwoju gospodarczego i społecznego pomiędzy Polską, a krajami UE-15.[8]

Literatura

[1] 5 lat Polski w Unii Europejskiej. 2009 Raport, UKIE, Warszawa.

[2] VI Europejska Konferencja Ewaluacyjna. www.mrr.gov.pl 15 grudzień 2009.

[3] Bieńkowska E. 2009. Fundusze udało się w pełni wykorzystać. *Rzeczpospolita* z dnia 29 lipca: C.

[4] Bujnowski M. 2009. Polityka spójności UE i jej realizacja w Polsce. W: Polityki gospodarcze Unii Europejskiej, red. E. Kawecka-Wyrzykowska, SGH, Warszawa: 118, 119.

[5] Dżun W., Józwiak W. 2008. Gospodarstwa rolne przed i po wejściu do Unii. W: Dziś i jutro gospodarstw rolnych w krajach Centralnej i Wschodniej Europy. IERiGŻ PIB, Warszawa: 16.

[6] e.o. 2009. Od sceptycyzmu do euroentuzjazmu. *Rzeczpospolita* z dnia 30.04–01.05: B 3.

[7] Europe in Figures. Eurostat yearbook 2009, Luxembourg 2009.

[8] Glapiak E. 2009. Polska gospodarka zyskała na akcesji. *Rzeczpospolita* z dnia 30.04–01.05: B 2.

[9] Grzeszak A. 2009. Bilans pięciolatki. *Polityka* 17: 8. Dodatek.

[10] Janicki M. 2009. Czy ktoś przyzna, że się mylił? *Polityka* 17: 4, 8. Dodatek.

[11] Kasprowicz A. 2009. Po pięciu latach członkostwa w UE. *Agro Serwis* 10: 1, 2.

---

7 W 2008 roku w Holandii, Szwecji, Danii i Finlandii ponad 80% mieszkańców było użytkownikami Interenetu. [13: s.11].

8 Według szacunków Ministerstwa Rozwoju Regionalnego w latach 2009–2015 wpływ pomocy UE na PKB wynosić będzie przeciętnie o około 0,7 pkt. proc. rocznie, na zatrudnienie o około 1,3 pkt. proc. średniorocznie, a na stopę inwestycji o około 2,2 pkt. proc. średniorocznie [2].

[12] Kowalski A. 2009. Polski sektor żywnościowy 5 lat po akcesji. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* 3: 4.
[13] Kowanda C. 2009. Ranking europejski. *Polityka* 17: 11. Dodatek.
[14] Mały Rocznik Statystyczny 2009, GUS, Warszawa.
[15] Ministerstwo Rozwoju Regionalnego 2007. Raport końcowy z badania na temat: Wpływ interwencji z funduszy strukturalnych UE na zatrudnienie, Warszawa: 2.
[16] Mirończuk U., Cieślak A., Stefańska A. 2009. Dodatni bilans Polski w Unii Europejskiej. *Rzeczpospolita* 30.04–01.05: B 2.
[17] Kawecka-Wyrzykowska E. 2009. Budżet UE i rozliczenia Polski z unijnym budżetem. W: Polityki Gospodarcze Unii Europejskiej. red. E. Kawecka-Wyrzykowska, SGH, Warszawa: 35–37.
[18] Rocznik Statystyczny 2008. GUS, Warszawa.
[19] Solska J. 2009. Droga ślimaka. *Polityka* 43: 36.
[20] Wilkin J. 2009. Rolnikom nigdy nie było tak dobrze. *Gazeta Wyborcza* z dnia 27.04: 25.

Support for Poland from general budget of the European Union within 2004 and 2008 and its results

Key words: the European Union, Poland, support, general budget, results

Summary

On May 1, 2004, Poland became a full member of the European Union, getting access to the support from general budget of the EU. Since 2004 till 2008 Poland received support from the European Union budget amounting to 26.5 billion euro. As a result of using these funds, several positive changes have been brought about in Poland, both in the social and economic sphere; they include, among others, an increase in growth rate of the GDP. Within the period 2004–2008 the economic growth in Poland was stimulated by the increase in domestic consumer demand, in investment and in export. Moreover, the average income per capita has risen from about $14 thousand in 2004 to about $16.3 thousand in 2008. Consequently, the disparity in development level between Poland and the remaining EU countries was reduced.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 105–119

Warzywa transgeniczne o zwiększonej odporności na szkodniki

***Ewelina Grabczyńska*[1], *Małgorzata Kiełkiewicz*[2]**
[1] *Laboratorium Kontroli GMO, Zakład Biotechnologii i Cytogenetyki Roślin, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy Radzików, 05-870 Błonie*
e-mail: e.grabczynska@ihar.edu.pl
[2] *Katedra Entomologii Stosowanej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa*
e-mail: malgorzata_kielkiewicz@sggw.pl

Słowa kluczowe: odporność transgeniczna, owady, *Bacillus thuringiensis*, inhibitory proteaz, inhibitory α-amylaz

Wstęp

Na świecie uprawia się ponad 130 mln hektarów roślin zmodyfikowanych genetycznie (ang. **g**enetically **m**odified – GM), z czego około 22 mln hektarów to rośliny o zwiększonej odporności na szkodniki, a ponad 28 mln hektarów to rośliny typu 'stacking', u których jedną z wprowadzonych cech jest odporność na owady [44]. Wśród komercyjnie dostępnych upraw roślin GM dominują rośliny rolnicze (np. bawełna, kukurydza, rzepak, soja). Obecnie, jedyną zarejestrowaną rośliną warzywną z genem odporności na roślinożerne stawonogi jest kukurydza cukrowa. GM ziemniaki i pomidory odporne na szkodniki były krótko dostępne na rynku USA.

Straty w plonie, powodowane zasiedlaniem przez szkodniki roślin warzywnych i sadowniczych razem sięgają nawet 30% [49]. Można by je w znacznym stopniu obniżyć, gdyby do uprawy włączyć rośliny o transgenicznie zmienionej odporności na szkodliwe owady [68]. Badania nad pozyskaniem różnych gatunków roślin warzywnych (głównie z rodzin kapustowatych i psiankowatych) z genem/genami odporności na najbardziej uciążliwe szkodniki prowadzone są w wielu ośrodkach naukowych na świecie [68]. Włączenie warzyw GM mogłoby być istotnym elementem Integrowanej Ochrony Warzyw, kompatybilnym z metodami stosowanymi do tej pory. Wydaje się jednak, że zaakceptowanie przez konsumentów transgenicznych warzyw nie będzie łatwe.

Celem niniejszego przeglądu literatury jest przedstawienie aktualnego stanu badań nad GM roślinami warzywnymi, o zwiększonej odporności na szkodniki.

Bacillus thuringiensis jako biopestycyd

Pałeczka turyngska – *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915) została zidentyfikowana i opisana po raz pierwszy na początku XX wieku. Jest bakterią gram-dodatnią, występującą powszechnie w glebie, na powierzchni roślin, w pyle i kurzu magazynów zbożowych. *B. thuringiensis* (*Bt*) w czasie sporulacji wytwarza owadobójcze białkowe δ-endotoksyny Cry i białka Cyt [42]. Białka te zgodnie z ich strukturą i specyfiką działania, zostały sklasyfikowane od Cry1 do Cry 55 oraz wyróżniono białka Cyt 1 i Cyt 2 (tab. 1 i 2). Krystaliczne białka Cry rozpuszczają się tylko w odpowiednim pH przewodu pokarmowego docelowego szkodnika i wiążą się w sposób specyficzny z odpowiednim receptorem (tab. 1). Chociaż wyizolowano i sklonowano 168 różnych białek Cry oraz 9 sekwencji Cyt, to tylko kilka białek Cry i toksyn Cyt znalazło zastosowanie jako biopreparaty lub ich geny zostały wprowadzone do genomu roślin w celu zwiększenia odporności na szkodniki owadzie (tab. 1 i 2) [22]. Wśród białek Cry wyróżnia się 3 grupy o różnych mechanizmach działania (3-d Cry; podobne do Mtx oraz podobne do Bin) [24, 29]. Najliczniejsza i najlepiej poznana grupa białek 3-d Cry zbudowana jest z 3 domen. Za ich specyficzność odpowiada domena II i III. Natomiast toksyny Cyt zbudowane są z pojedynczej α-β domeny.

Tabela 1. Przykłady specyficznego oddziaływania białek Cry na gatunki szkodników należące do różnych taksonów (zmodyfikowane wg [70])

Klasa białek *Bt*	Takson	Liczba gatunków
Cry 1 (*B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* lub *aizwai*)	motyle (*Lepidoptera*)	17
Cry 2	motyle (*Lepidoptera*)	3
Cry 3 (*B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis*)	chrząszcze (*Coleoptera*)	4
Cry 4 (*B. thuringiensis* subsp. *israelensis*)	muchówki (*Diptera*)	2
Cry 5	nicienie (*Nematoda*)	2
Cry 5	chrząszcze (*Coleoptera*)	1
Cry 6	nicienie (*Nematoda*)	2
Cry 7	chrząszcze (*Coleoptera*)	2
Cry 8	chrząszcze (*Coleoptera*)	2
Cry 9 (*B. thuringiensis* subsp. *tolworthi*)	motyle (*Lepidoptera*)	2
Cry 10 (*B. thuringiensis* subsp. *israelensis*)	muchówki (*Diptera*)	1
Cry 11 (subsp. *israelensis*)	muchówki (*Diptera*)	2
Cry 12	nicienie (*Nematoda*)	1
Cry 13	nicienie (*Nematoda*)	1
Cry 14	chrząszcze (*Coleoptera*)	1
Cry 15	motyle (*Lepidoptera*)	1

Preparaty biologiczne zawierające *Bt* wykorzystuje się najczęściej do zwalczania uciążliwych gatunków gąsienic występujących w lasach oraz uprawach roślin rolniczych i warzywnych (tab. 2). Preparaty te stosowane w postaci oprysku mają wiele zalet (np. są całkowicie biodegradowalne i nie są toksyczne dla ssaków), ale mają też wiele ograniczeń. Ulegają szybkiemu rozkładowi na świetle i wykazują działanie

Tabela 2. Przykłady szczepów bakterii, których toksyny znalazły zastosowanie do zwalczania szkodników owadzich (zmodyfikowane wg [70])

Szczep bakterii	Toksyna	Oddziałuje na
B. thuringiensis subsp. *kurstaki*	Cry1A Cry2A	gąsienice motyli żerujące na liściach kukurydzy, warzyw, bawełny, drzew liściastych i iglastych
B. thuringiensis subsp. *aizawai*	Cry1A Cry1B Cry1C Cry1D	gąsienice motyli produktów magazynowych
B. thuringiensis subsp. *san diego* *B. thuringiensis* subsp. *tenebrionis*	Cry3	chrząszcze np. stonka ziemniaczana
B. thuringiensis subsp. *israelensis*	Cry4 Cry10 Cry11 Cyt	owady z rzędu muchówki – komary (*Aedes aegypti*, *Simulium damnosum*, *Anopheles* sp.) i meszki

tylko w stosunku do określonych szkodników. Geny kodujące syntezę białek Cry sklasyfikowano w grupach, zgodnie z ich specyficznym oddziaływaniem na motyle (*Insecta*: *Lepidoptera*), chrząszcze (*Insecta*: *Coleoptera*), muchówki (*Insecta*: *Diptera*) i nicienie (*Aschelminthes*: *Nematoda*) (tab. 1 i 2). Chociaz do tej pory nie dowiedziono negatywnego oddziaływania białek Cry na owady z rzędu *Hemiptera*, to ostatnie badania wskazują, że mszyca grochowa (*Acyrthosiphon pisum* HARRIS, *Hemiptera*, *Aphidoidea*) karmiona sztuczną dietą zawierającą białka Cry3A, Cry4Aa, Cry11Aa i Cry1Ab w zróżnicowany sposób reaguje na te toksyny [59].

Mechanizm oddziaływania białka Cry na owady

Proces trawienia białek w przewodzie pokarmowym owadów zachodzi pod kontrolą proteaz. Opisano dwa modele oddziaływania toksyn Cry w przewodzie pokarmowym szkodnika [71]. Pierwszy z nich dotyczy białek 3d-Cry (ang. pore formation model) i jest procesem wieloetapowym. Krystaliczna protoksyna (70–130 kDa) po przedostaniu się do przewodu pokarmowego szkodnika (zasadowe pH, warunki redukujące) ulega rozpuszczeniu. Proteazy szkodnika odcinają końce N- i C- protoksyny i powstaje aktywny monomer (60 kDa), który wiąże się z pierwotnym receptorem (np. białkiem podobnym do kadheryny (ang. cadherin-like protein) na powierzchni epitelium przewodu pokarmowego. Taki kompleks poddawany jest dalszemu oddziaływaniu innych proteaz. Te usuwają domenę I dzięki czemu białko przybiera formę oligomeru, wykazującego powinowactwo do wtórnych receptorów (np. białko GPI), co inicjuje powstanie porów w błonach komórek wyścielających jelito, szok osmotyczny i w końcu śmierć owada.

Model alternatywny pokazuje, że toksyczność białka Cry zależy od aktywacji szlaku kaskady sygnałowej zależnej od Mg^{2+}. Do jej uruchomienia niezbędna jest interakcja monomerycznej toksyny 3d-Cry z pierwotnym receptorem – białkiem podobnym do kadheryny. Połączenie to aktywuje białko G (ang. guanine nucleotide-binding protein), które z kolei doprowadza do aktywacji cyklazy adenylylowej (ang. adenylyl cyclase, AC) odpowiedzialnej za powstawanie cAMP aktywującego kinazę A (ang. protein kinase A, PKA). Kinaza A nadzoruje szlak kończący się

śmiercią komórki. W tym modelu, przyjmuje się, że śmierć komórek przewodu pokarmowego owada następuje albo bez konieczności pośrednictwa oligomerów formujących pory, albo z udziałem receptorów innych niż GPI [79, 80]. Sugeruje się [71], że tylko wtedy, gdy stężenie białka Cry jest wysokie śmierć owada, następuje poprzez formowanie porów w błonie komórkowej jelita. Natomiast, gdy stężenie białka Cry jest relatywnie niskie w komórkach jelita dochodzi do niekorzystnych zmian, które jednak nie prowadzą do śmierci owada.

Białko Cry – źródło odporności roślin warzywnych na szkodniki owadzie

Najczęściej rośliny transformowane poprzez wprowadzenie genu *cry* do genomu jądrowego wykazują syntezę białka Cry na poziomie 0,1–0,6% w stosunku do całkowitego białka rozpuszczalnego [66]. Zwiększenie poziomu białka Cry w GM roślinach jest możliwe jeśli gen *cry* wprowadzony zostanie do genomu chloroplastowego. Równocześnie, ekspresja genu *cry* ograniczona zostanie do tkanek zielonych. Ponieważ pyłek większości roślin nie zawiera chloroplastów to zabieg taki redukuje potencjalne zagrożenie wynikające z przepływu transgenu do środowiska.

Wykazano, że ekspresja genu *cry3Aa* w roślinach ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) zapewnia ochronę przeciwko stonce ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say, *Coleoptera*: *Chrysomelidae*) [41]. Ziemniak *Bt* wprowadzono na rynek w 1995 roku i obserwacje zebrane do roku 2001 dowiodły, że gen ten skutecznie ochrania uprawę przed stonką. Z kolei produkty genów *Bt cry1Ia1* oraz *cry1Ac* okazały się skuteczne przeciwko innemu szkodnikowi ziemniaka – skośnikowi ziemniaczakowi (*Phthorimaea operculella* Zeller, *Lepidoptera*: *Gelechiidae*) [23, 27]. Do ziemniaka zostały też wprowadzone geny kodujące równocześnie dwie toksyny: Cry1Ab oraz Cry3A, co zwiększyło odporność transgenicznych roślin zarówno na skośnika ziemniaczaka jak i stonkę ziemniaczaną [58].

Pomidor zwyczajny (*Solanum lycopersicum* L. syn. *Lycopersicon esculentum* Mill.) z ekspresją genu *cry1Ab*, *cry1Ac*, *cry1C* lub *cry1A* wykazywał odporność na gąsienice motyli *Actebia fennica* Tauscher (*Lepidoptera*: *Noctuidae*) [56], słonecznicy orężówki (*Helicoverpa virescens* Boddie, *Lepidoptera*: *Noctuidae*) i zawisaka tytoniowego (*Manduca sexta* L. *Lepidoptera*: *Sphingidae*) [74].

W roślinach brokuła (*Brassica cretica* subsp. *botrytis* L.), produkty genów *cry1C* i *cry1B* okazały się efektywne przeciwko tantnisiowi krzyżowiaczkowi (*Plutella xylostella* L., *Lepidoptera*: *Plutellidae*) [81, 82]. Trwają badania laboratoryjne nad efektywnością ekspresji genu *cry1c* u roślin kapusty i kalafiora nie tylko przeciwko tantnisiowi, ale i gąsienicom innych motyli (*Lepidoptera*) (*Pieris rapae* L., *P. brassicae*, *Crocidolomia binotalis* Zeller, *Hellula undalis* Fabricius) [68].

Obecnie, prowadzone są badania nad uzyskaniem odporności *Bt* u oberżyny (*Solanum melongena* L.) i innych roślin warzywnych z rodziny kapustowate (*Brassicaceae*), odpowiednio na gąsienice motyla – *Leucinodes orbonalis* L. (*Lepidoptera*: *Pyralidae*) i tantnisia krzyżowiaczka [68]. Inne przykłady modyfikacji roślin warzywnych z udziałem genów *cry* podano w tabeli 3.

Tabela 3. Przykłady odporności roślin warzywnych z ekspresją genu *Bt* (białko Cry) na docelowe gatunki szkodliwych owadów

Gatunek rośliny warzywnej	Białko Cry	Gatunek owada	Literatura
B. oleracea var. capitata	Cry1Ac	*P. xylotella*	[13]
	Cry1Ac + Cry1C		[53]
L. esculentum	Cry1Ac	*A. fennica*	[56]
	Cry1Ab	*H. virescens*	[74]
	Cry1C	*M. sexta*	
	Cry1A		
S. melongena	Cry 3A	*L. decemlineata*	[46; 2; 17]
	Cry3B		
S. tuberosum	Cry1Ab	*P. operculella*	[30; 45]
	Cry1Ac	*E. lignosellus*	[57; 69]
		L. decemlineata	[69; 45]
	Cry3A	*L. decemlineata*	[58]
	Cry1Ab	*L. decemlineata*	[15]
		P. operculella	
		O. nubilalis	
	Cry1Aa	*P. operculella*	[32]
	Cry1Ac	*O. nubilalis*	

Jedynym komercyjnie dostępnym warzywem GM jest obecnie kukurydza cukrowa (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugowa*) z ekspresją genu *cry1Ab* (Bt11) [68]. Kukurydza ta jest w 100% odporna na omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis* Hübner, *Lepidoptera*: *Pyralidae*) oraz w 97% na gąsienice dwóch innych motyli – *Spodoptera frugiperda* Smith i *Helicoverpa zea* Boddie. Ponadto dowiedziono, że wprowadzenie jej do środowiska nie zagraża wrogom naturalnym, takim jak biedronki (*Coleomegilla maculata* DeGeer, *Harmonia axyridis* Pallas) i dziubałki (*Orius insidiosus* Say). Prowadzone są badania nad zwiększeniem efektywności kukurydzy cukrowej w stosunku do dużych liczebnie populacji *S. frugiperda* i *H. zea* poprzez transformację z udziałem dwóch genów *cry1Ab* i *vip3A* (ang. **V**egetative **i**nsecticidal **p**roteins) równocześnie [62].

Przedmiotem zainteresowania wielu badaczy jest opracowanie technologii pozwalających na ekspresję genu kodującego owadobójcze toksyny Bt w określonej tkance i w określonym czasie [31]. W tym celu badana jest efektywność tkankowo-specyficznych promotorów. Cao i in. [13] oraz Bates i in. [3] wskazują na możliwość zwiększenia odporności roślin brokuła z ekspresją genu *cry1Ab* poprzez użycie promotorów PR-1a indukowanych określonym związkiem chemicznym lub mechanicznym uszkodzeniem. Dowiedziono też, że ziemniaki z ekspresją genu *cry1Ac9* i *cry9Aa2* wykazują zwiększoną odporność na skośnika ziemniaczaka, o ile geny zostaną wprowadzone pod kontrolą promotora *Lhca3* indukowanego przez światło [52]. Udowodniono też, że użycie genu hybrydowego SN19 nadaje transgenicznym roślinom ziemniaka odporność zarówno na larwy jak i dorosłe stonki ziemniaczanej oraz skośnika ziemniaczaka i omacnicy prosowianki [55].

Geny z roślin wyższych – źródło odporności roślin warzywnych na owady

Inhibitory enzymów trawiennych owadów

Inhibitory proteaz serynowych. Inhibitory proteaz (IP) to najczęściej polipeptydy lub pojedyncze łańcuchy białkowe kodowane przez pojedyncze geny. IP naturalnie występują w wielu roślinach z rodziny *Solanaceae*, np. pomidorach, ziemniakach, czy tytoniu oraz u wielu gatunków roślin strączkowych. IP często stanowią naturalny element obrony roślin przed fitofagami, bowiem mogą hamować aktywność proteaz serynowych (trypsyny, chymotrypsyny) występujących w przewodzie pokarmowym owada [63]. Synteza IP może być również indukowana poprzez mechaniczne uszkodzenia roślin .Wiadomo, że są to inhibitory kompetycyjne, które wiążą się tylko z określonym miejscem określonej proteazy i ich aktywność jest wysoce specyficzna [33, 63].

Proteazy trawienne zlokalizowane w jelicie środkowym owada są podstawowymi enzymami rozkładającymi białka do aminokwasów, składników odżywczych wykorzystywanych do prawidłowego wzrostu i rozwoju owada. Różne proteazy dominują u różnych gatunków [63]. U larw z rzędu motyle dominują proteazy seryny. Natomiast w przewodzie pokarmowym larw z rzędu chrząszcze dominują cystatyny i proteazy asparaginy [18, 73]. Wprowadzenie genów IP pod kontrolą sprawnych promotorów byłoby skuteczną strategią zwiększania poziomu odporności roślin warzywnych na szkodniki owadzie [63].

Badania wykazały, że rośliny zaatakowane przez owady gromadzą IP w wysokich stężeniach. Stwierdzono [63], że zaatakowana roślina osiąga maksymalny poziom IP po 24–48 godz. od momentu ataku szkodnika o gryzącym aparacie gębowym [48]. Obecność IP w pobranym przez szkodnika pokarmie roślinnym doprowadza do zahamowania aktywności proteaz, co z kolei skutkuje szybką akumulacją niestrawionego białka. Konsekwencją obecności nadmiaru niestrawionego pokarmu w przewodzie pokarmowym są zaburzenia wzrostu larw lub dorosłych owadów [63]. Toksyczność IP jest jednak bardzo zmienna, co tłumaczy się adaptacją szkodnika do diety [12]. Najbardziej aktywnym IP, jaki został scharakteryzowany do tej pory, jest inhibitor trypsyny (CpTi) z fasolnika (*Vigna unguiculata* L.). Obecność genu *CpTi* u roślin warzywnych (np. sałaty, ziemniaka i pomidora) spowodowało ograniczenie wzrostu i rozwoju gąsienic błyszczki jarzynówki (*Autographa gamma* L. *Lepidoptera*: *Noctuidae*) i stonki ziemniaczanej [5, 10, 47].

Do roślin pomidora, metodą wektorową (przy użyciu *A. tumefaciens*) wprowadzono gen kodujący IP-II pod promotorem *StLS1* z ziemniaka [72] oraz gen inhibitora karboksypeptydazy PCI pod promotorem *rbcs1A* z rzodkiewnika pospolitego (*Arabidopsis thaliana* L.) [11]. Transgeniczne rośliny pomidora gromadziły znaczne ilości inhibitorów dzięki obecności promotorów o działaniu wzmacniającym. Poziom

białek karboksypeptydazy PCI został oszacowany na około 1,4% w stosunku do całkowitej zawartości białek rozpuszczalnych [1]. W dalszej części badań sprawdzano, czy w efekcie ekspresji dwóch różnych transgenów IP w roślinach pomidora dochodzi do skutecznej ochrony przed szkodnikami, takimi jak: gąsienice *Heliothis zea* BODDIE (*Lepidoptera*: *Noctuidae*), gąsienice piętnówki (*Mythimna obsoleta* HÜBNER, *Lepidoptera*: *Noctuidae*) i miniarka ciepłolubka (*Liriomyza trifolii* BURGESS, *Diptera*: *Agromyzidae*). Wykazano, że jeśli te szkodniki karmione były liśćmi z roślin transgenicznych to ich śmiertelność sięgała średnio 30%. Natomiast larwy karmione liśćmi roślin kontrolnych wykazały śmiertelność na poziomie średnio 14%. Stwierdzono też, że larwy żerujące na liściach roślin transgenicznych pobierały śr. o 40% mniej pokarmu niż larwy żerujące na liściach kontrolnych [1].

Inhibitory proteaz cysteinowych. Proteazy cysteinowe (syn. cystatyny) występują w jelicie środkowym pluskwiaków (*Hemiptera*) i chrząszczy (*Coleoptera*), w którym pH jest średnio kwaśne, co sprzyja optymalnej ich aktywności. Proteazy cysteinowe są głównym typem proteaz trawiennych w jelicie stonki ziemniaczanej. W świecie roślin inhibitory cystatyn występują m.in. u ananasa, ziemniaka, fasolnika i pomidora. Najlepiej poznanym inhibitorem proteazy cysteinowej jest oryzocystatyna (OC-1). Inhibitor ten został zidentyfikowany u ryżu i gen odpowiedzialny za jego syntezę wyizolowano i wprowadzono do kilku roślin, między innymi do ziemniaka i oberżyny [8, 9]. Wyprowadzono kilka linii ziemniaka, które różniły się poziomem ekspresji genu *OC-1*. Najwyższy poziomem ekspresji wahał się od 0,3 do 0,5% w stosunku do całkowitej zawartości białek rozpuszczalnych, co powodowało 50% śmiertelność larw stonki ziemniaczanej [8, 9].

Gen *OC-1* został również wprowadzony do oberżyny z użyciem wektora *pOZC6* (zawierającego regiony kodowania oryzacystatyny, β-glukoronidazy i fosfotransferazy neomycyny II) [64]. Stwierdzono, że OC-1 w oberżynie negatywnie oddziałuje na żerowanie, wzrost i rozwój dwóch gatunków mszyc: mszycy brzoskwiniowej (*Myzus persicae* SULZ., *Hemiptera*: *Aphididae*) i mszycy ziemniaczanej smugowej (*Macrosiphum euphorbiae* THOMAS, *Hemiptera*: *Aphididae*). Badania histologiczne przewodu pokarmowego obu gatunków mszyc wykazały, że OC-1 wiązała się z proteazami tych pluskwiaków [60, 61]. W efekcie żerowania na GM oberżynie ograniczone zostało tempo wzrostu obu szkodników, jednak mszyca ziemniaczana smugowa była bardziej wrażliwa niż mszyca brzoskwiniowa na obecność inhibitora w pokarmie. Dodatkowo, na GM roślinach odnotowano mniej dorosłych osobników mszycy ziemniaczanej smugowej niż mszycy brzoskwiniowej.

Pomimo że dokładny mechanizm działania OC-1 nie jest jeszcze w pełni poznany, to wiadomo, że odżywianie owadów o kłujaco-ssących aparatach gębowych pokarmem zawierającym OC-1 skutkuje opóźnieniem ich wzrostu i rozwoju oraz zmniejszeniem płodności, a w skrajnych przypadkach zwiększona zostaje ich śmiertelność [64].

Inhibitory -amylaz. Amylazy należą do grupy enzymów hydrolitycznych rozkładających skrobię i inne wielocukry. Inhibitory α-amylazy to druga grupa inhibitorów enzymów trawiennych owadów używana obecnie do modyfikowania roślin warzywnych. Podobnie jak IP są to białka szeroko rozpowszechnione w świecie roślin. Fasola zwyczajna (*Phaseolus vulgaris* L.) zawiera dwa inhibitory α-amylazy, oznaczane symbolami αAI-1 i αAI-2. Sekwencja aminokwasów tych inhibitorów jest w 78% identyczna, ale różnią się specyficznością wobec amylaz owadów [54]. Inhibitory amylaz wprowadzone metodami inżynierii genetycznej do roślin uprawnych powodują zwiększenie odporności w stosunku do owadów z rzędu Chrząszcze. Do genomu płażewnicy chińskiej (*Vigna angularis* L.) wprowadzono gen *AI-1*, przez co transgeniczne rośliny uzyskały odporność na strąkowca czteroplamego (*Callosobruchus maculatus* FABRICIUS, *Coleoptera*: *Chrysomelidae*) [43, 67].

Przeprowadzono badania, mające na celu ocenę linii transgenicznego grochu zwyczajnego (*Pisum sativum* L.) pod względem odporności na najbardziej uciążliwe szkodniki. Do grochu został wprowadzony plazmid binarny *pKSB AI-1*, który zawierał gen *AI-1* pochodzący z fasoli, pod promotorem genu syntazy fytohemaglutyniny z fasoli zwyczajnej. Wykazano, że poziom inhibitora α-amylazy w transgenicznych nasionach grochu był stabilny i wynosił około 3% w stosunku do całkowitej zawartości białek rozpuszczalnych. Stwierdzono, że śmiertelność strąkowca grochowego (*Bruchus pisorum* L., *Coleoptera*: *Chrysomelidae*) żerującego na nasionach transgenicznego grochu wahała się od 93 do 98%, podczas gdy śmiertelność larw chrząszcza na nasionach roślin kontrolnych wynosiła tylko 2%. Larwy zamierały już we wczesnym etapie rozwoju [65]. Okazało się też, że obecność w roślinach grochu genu *AI-1* skutkuje zwiększeniem odporności na strąkowca w warunkach polowych [51]. Autorzy uważają, że wysoki stopień odporności grochu na chrząszcze wynikał z oddziaływania inhibitora αAI-1 na amylazę jelita środkowego strąkowców w bardzo szerokim spektrum pH (4,5–6,5). Interesujące wydaje się, że inhibitor ten może też funkcjonować jako lektyna.

Do genomu roślin grochu wprowadzono także gen *Al-2* kodujący inhibitor α-amylazy II. Transformacji dokonano również przy użyciu *A. tumefaciens*, wprowadzając wektor binarny *KSB AI2* zawierający gen *AI-2* pochodzący z fasoli. Chociaż transgeniczne rośliny charakteryzował wysoki i stabilny poziom ekspresji α-amylazy II [26, 54], to były one mniej efektywne w oddziaływaniu na strąkowca grochowego niż rośliny z ekspresją genu *AI-1*. Aktywność α-amylazy owada ograniczona została tylko w 40% i tylko w wąskim zakresie pH (4,0–4,5). Niemniej jednak, inhibitor ten miał wpływ na podniesienie odporności transgenicznych roślin grochu na strąkowce poprzez opóźnianie rozwoju larw, a nie zwiększanie ich śmiertelności [54]. Inne przykłady modyfikacji roślin warzywnych z użyciem IP przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Przykłady odporności roślin warzywnych z ekspresją genów z roślin wyższych na docelowe gatunki szkodliwych owadów

Inhibitor /występowanie	Gatunek rośliny GM	Gatunek owada	Literatura
α-AI-1 / *P. vulgaris*	*V. angularis*	*C. maculatus* *C. chinensis*	[67; 43]
α-AI-1 / *P. vulgaris*	*P. sativum*	*B. pisorum*	[65; 51]
α-AI-2 / *P. vulgaris*	*P. sativum*	*B. pisorum*	[54; 26]
CpTi / *Ipomea batatas*	*B. oleracea*	*S. litura*	[25]
CpTi / *V. unguiculata*	*S. tuberosum*	*P. xylotella* *L. oleracea*	[78] [37]
	B. oleracea	*P. rapae*	[34]
OC-1 / *O. sativa*	*S. tuberosum*	*L. decemlineata*	[50]
IP / *Nicotiana alata*	*P. sativum*	*P. xylotella*	[16]
SaPIN2a / *Solanum* sp.	*Lactuca sativa*		[77]
GNA / *G. nivalis*	*S. tuberosum*	*M. persicae*	[7]

Lektyny – źródło odporności roślin warzywnych na owady

Lektyny to białka łatwo wiążące się z resztami cukrowymi glikoprotein, glikolipidów i polisacharydów [40]. Występują u roślin, zwierząt i mikroorganizmów. Klasyfikacja ich opiera się na specyficzności wiązania reszty cukrowej. Wyodrębniono dwie grupy lektyn – te, które wiążą się z mannozą i te, które wiążą się z N-acetyl-glukozaminą. Lektyny są odporne na działanie proteaz [75]. Mechanizm ich działania polega na łączeniu się z cukrowcami przewodu pokarmowego roślinożercy, przez co zahamowana jest absorpcja składników pokarmowych z przyjmowanego pokarmu roślinnego. Badania wykazały, że wiązanie lektyn z receptorem glikoproteinowym prowadzi do podrażnienia jelita i ograniczenia trawienia, co hamująco wpływa na wzrost, a z czasem powoduje śmierć owada [75]. Wiele lektyn wywołuje antybiotyczny efekt w stosunku do owadów z rzędu chrząszcze, pluskwiaki równoskrzydłe czy motyle [7, 36]. Wyniki badań Chakraborti i in. [14] dowodzą, że ekspresja genu *ASAL* (ang. **A**llium **sa**tivum **l**eaf agglutinin) – odpowiedzialnego za biosyntezę lektyny wiążącej się z mannozą – pod kontrolą floemowo specyficznego promotora *rolC* w roślinach różnych linii ciecierzycy pospolitej (*Cicer arietinum* L.) wahała się od 0,08 do 0,38% w stosunku do całkowitego białka rozpuszczalnego. W stosunku do kontroli, rośliny GM pokolenia T1 były znacznie odporniejsze na mszycę lucernowo-grochodrzewową (*Aphis craccivora* Koch) żerującą w obrębie floemu. Jej przeżywalność obniżyła się od 11 do 26%, a płodność była mniejsza od 22 do 42%.

Większość lektyn jest toksyczna dla ssaków. Lektyna ze śnieżyczki przebiśniegu (*Galanthus nivalis* L.) (GNA ang. *Galanthus nivalis* agglutinin) nie wykazuje toksyczności wobec ssaków i dlatego stała się przedmiotem szerszego zainteresowania wielu badaczy [75].

Gen kodujący GNA pod promotorem *CaMV35S* wprowadzono do genomu ziemniaka. Poziom ekspresji GNA w liściach transgenicznych ziemniaków był stabilny i stanowił 0,3–0,4% w stosunku do poziomu całkowitego białka rozpuszczalnego [28]. W testach oceniających odporność roślin transgenicznych na dwa gatunki

mszyc: mszycę brzoskwiniową i mszycę ziemniaczaną (*Aulacorthum solani* KALTENBACH, *Hemiptera*: *Aphididae*) stwierdzono zmniejszenie płodności samic o 65% i spadek ich przeżywalności o 10%. Nie były to jednak jedyne negatywne skutki obecności GNA. W stosunku do kontroli tempo przyrostu masy ciała stadiów rozwojowych mszyc było ograniczone o 40%. Podobnie Birch i in. [7] wykazali zwiększenie odporności ziemniaków z ekspresją genu *GNA* na mszycę brzoskwiniową. Autorzy przeprowadzili też badania laboratoryjne nad wpływem ziemniaków z ekspresją genu GNA na wroga naturalnego mszycy brzoskwiniowej – biedronkę dwukropkę (*Adalia bipunctata* L., *Coleoptera*: *Coccinellidae*). Płodność i przeżywalność biedronki była znacznie ograniczona, jeżeli przez 3 tygodnie odżywiała się mszycami z roślin transgenicznych. Po przeniesieniu na rośliny nietransgeniczne zarówno płodność jak i przeżywalność drapieżcy wróciły do normy [20, 21]. Lektyna ze śnieżyczki wydaje się jeszcze bardziej interesująca od momentu, gdy nie stwierdzono negatywnych skutków obecności GNA w ciele mszyc dla ośca mszycowego (*Aphelinus abdominalis* DALMAN, *Hymenoptera*: *Aphelinidae*), wroga naturalnego tych pluskwiaków. Parazytoidy wydalały lektynę, a nie kumulowały jej w ciele [19, 29]. Ziemniaki transformowano też za pomocą kilku genów równocześnie – inhibitora α-amylazy, inhibitora chitynazy z grochu i GNA, co skutkowało zwiększeniem odporności na mszycę brzoskwiniową [36].

Niedawno, gen *GNA* został wprowadzony również do genomu roślin pomidora [76]. Podobnie jak w przypadku transformacji roślin ziemniaka do tego celu został użyty wektor *A. tumefaciens*, a gen wprowadzono pod kontrolą promotora *CaMV35S*. Badano wpływ transgenicznych pomidorów z ekspresją genu *GNA* na piętnówkę brukiewkę (*Lacanobia oleracea* L., *Lepidoptera*: *Noctuidae*). Odnotowano zmniejszenie o 50% masy ciała gąsienic, wyższą ich śmiertelność oraz znaczące ograniczenie stopnia uszkodzenia liści przez larwy. Nie stwierdzono negatywnych skutków oddziaływania GNA na błonkówkę *Eulophus pennicornis* NEES – wroga naturalnego piętnówek [4, 6]. Ostatnie laboratoryjne badania Fitches i in. [35] wykazują, że jeśli do N-końca lektyny GNA dołączy się chitynazę pochodzącą z gąsienic piętnówki brukiewki, to zrekombinowane białko wywołuje ograniczenie wzrostu larw i pobierania pokarmu zawierającego lektynę nawet o 60%. Wcześniej, Gatehouse i in. [38] wykazała, że konstytutywna ekspresja lektyny – konkanawaliny A w ziemniakach redukuje płodność mszycy brzoskwiniowej i ogranicza uszkodzenia liści przez gąsienice *L. oleracea*, ale nie ma wpływu na ich przeżywalność. W ocenie autorów, lektyny mogą być bardzo skuteczne przeciwko szkodnikom o aparatach kłująco-ssących, niewrażliwych na toksynę *cry*.

Trwają badania, których przedmiotem jest poszukiwanie nowych genów odporności na owady oraz te, które mają na celu zastąpienie promotora *CaMV35S* promotorami indukcyjnymi, które będą wykazywały większą specyfikę działania i uzależniały biosyntezy toksycznych białek od obecności określonych induktorów [39, 62].

Podsumowanie

W przeglądzie literatury przedstawiono najważniejsze kierunki badań nad pozyskiwaniem GM roślin warzywnych odpornych na szkodniki. Opisano różne technologie prowadzące do pozyskania GM warzyw oraz w kilku przypadkach podano ocenę ich oddziaływania na środowisko (faunę pożyteczną). Z przedstawionych danych wynika, że komercjalizacja GM warzyw mogłaby znacznie wspomóc ich ochronę przed szkodnikami, których żerowanie doprowadza do znacznych strat plonu. Zanim jednak rośliny warzywne GM znajdą się w uprawie powinny zostać poddane wszechstronnej i rzetelnej ocenie dotyczącej ich oddziaływania na środowisko i zdrowie konsumenta.

Literatura

[1] Abdeen A., Virgós A., Olivella E., Villanueva J., Avilés X., Gabarra R., Prat S. 2005. Multiple insect resistance in transgenic tomato plants over-expressing two families of plant proteinase inhibitors. *Plant Mol. Biol.* 57(2): 189–202.

[2] Arpaia S., Mennella G., Ononfaro V., Perri E., Sunseri F., Rotino G.L. 1997. Production of transgenic eggplant (*Solanum melongena*) resistant to Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Theoret. Appl. Genet.* 95: 329–334.

[3] Bates S.L., Zhao J.Z., Roush R.T., Shelton A.M. 2005. Insect resistance management in GM crops: past, present and future. *Nat. Biotechnol*. 23(1): 57–62.

[4] Bell H.A., Fitches E.C., Down R.E., Marris G.C., Edwards J.P., Gatehouse J.A., Gatehouse A.M.R. 1999. The effect of snowdrop lectin (GNA) delivered via artificial diet and transgenic plants on *Eulophus pennicornis* (*Hymenoptera*: *Eulophidae*), a parasitoid of the tomato moth *Lacanobia oleracea* (*Lepidoptera*: *Noctuidae*). *J. Insect Physiol*. 45(11): 983–991.

[5] Bell H.A., Fitches E.C., Down R.E., Ford L., Marris G.C., Edwards J.P., Gatehouse J.A., Gatehouse A.M.R. 2001. Effect of dietary cowpea trypsin inhibitor (CpTI) on the growth and development of the tomato moth *Lacanobia oleracea* (*Lepidoptera*: *Noctuidae*) and on the success of the gregarious ectoparasitoid Eulophus pennicornis (Hymenoptera: Eulophidae). Pest Manag. Sci. 57(1): 57-65.

[6] Bell H.A., Fitches E.C., Marris G.C., Bell J., Edwards J.P., Gatehouse J.A., Gatehouse A.M.R. 2001. Transgenic GNA expressing potato plants augment the beneficial biocontrol of *Lacanobia oleracea* (*Lepidoptera*; *Noctuidae*) by the parasitoid *Eulophus pennicornis* (*Hymenoptera*; *Eulophidae*). *Transgen. Res*. 10(1): 35–42.

[7] Birch A.N.E., Geoghegan I.E., Majerus M.E.N., McNicol J.W., Hackett C., Gatehouse A.M.R., Gatehouse J.A. 1999. Tri-trophic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes expressing snowdrop lectin for aphid resistance. *Mol. Breed*. 5(1): 75–83.

[8] Bouchard E., Cloutier C., Michaud D. 2003. Oryzacystatin I expressed in transgenic potato induces digestive compensation in an insect natural predator via its herbivorous prey feeding on the plant. *Mol. Ecol*. 12(9): 2439–2446.

[9] Bouchard E., Michaud D., Cloutier C. 2003. Molecular interactions between an insect predator and its herbivore prey on transgenic potato expressing a cysteine proteinase inhibitor from rice. *Mol. Ecol.* 12(9): 2429–2437.

[10] Boulter D., Gatehouse A.M.R., Hilder V. 1989. Use of cowpea trypsin inhibitor (CpTI) to protect plants against insect predation. *Biotechnol. Adv*. 7(4): 489–497.

[11] Bown D.P., Wilkinson H.S., Gatehouse J.A. 1998. Midgut carboxypeptidase from *Helicoverpa armigera* (*Lepidoptera*: *Noctuidae*) larvae: enzyme characterization, cDNA cloning and expression. *Insect Biochem. Mol. Biol*. 28: 739–749.

[12] Broadway R.M. 1995. Are insects resistant to plant proteinase inhibitors? *J. Insect Physiol*. 41: 107–116.

[13] Cao J., Tang J.D., Strizhov N., Shelton A.M., Earle E.D. 1999. Transgenic broccoli with high levels of *Bacillus thuringiensis* Cry1C protein, control diamondback moth larvae resistant to Cry1A or Cry1C. *Mol. Breed*. 5: 131–141.

[14] Chakraborti D., Sarkar A., Mondal H.A., Sampa D. 2009. Tissue specific expression of potent insecticidal, *Allium sativum* leaf agglutinin (ASAL) in important pulse crop. chickpea (*Cicer arietinum* L.) to resist the phloemfeeding *Aphis craccivora*. *Transgen. Res.* 18(4): 529–544.

[15] Chan M.T., Chen L.J., Chang H.H. 1996. Expression of *Bacillus thuringiensis* (Bt) insecticidal crystal protein gene in transgenic potato. *Bot. Bull. Acad. Sinica* 37: 17–23.

[16] Charity J.A., Anderson M.A., Bittisnich D.J., Whitecross M., Higgins T.J.V. 1999. Transgenic tobacco and peas expressing a proteinase inhibitor from *Nicotiana alata* have increased insect resistance. *Mol. Breed*. 5: 357–365.

[17] Chen Q., Jelenkovic G., Chin C., Billings S., Eberhardt J., Goffreda J.C. 1995. Transfer and transcriptional expression of coleopteran *cryIIB* endotoxin gene of *Bacillus thuringiensis* in eggplant. *J. Am. Soc. Hort. Sci*. 120: 921–927.

[18] Cheng Z.Y., Xue Q.Z. 2003. The structure and regulation of plant proteinase inhibitor genes and their strategy in pest control. *Chinese Rev*. 30(8): 790–796.

[19] Couty A., de la Viña G., Clark S.J., Kaiser L. 2001. Direct and indirect sublethal effects of *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA) on the development of a potato-aphid parasitoid, *Aphelinus abdominalis* (*Hymenoptera*: *Aphelinidae*). *J. Insect Physiol*. 47(6): 553–561.

[20] Cowgill S.E., Atkinson H.J. 2003. A sequential approach to risk assessment of transgenic plants expressing protease inhibitors: effects on nontarget herbivorous insects. *Transgen. Res*. 12(4): 439–449.

[21] Cowgill S.E., Danks C., Atkinson H.J. 2004. Multitrophic interactions involving genetically modified potatoes, nontarget aphids, natural enemies and hyperparasitoids. *Mol. Ecol*. 13(3): 639–647.

[22] Crickmore N. 2006. Beyond the spore – past and future developments of *Bacillus thuringiensis* as a biopesticide. *J. Appl. Microbiol*. 101: 616–619.

[23] Davidson M.M., Takla M.F.G., Jacobs J.M.E., Butler R.C., Wratten S.D., Conner A.J. 2004. Transformation of potato (*Solanum tuberosum*) cultivars with a *cry1Ac9* gene confers resistance to potato tuber moth (*Phthorimaea operculella*). *Crop Hort. Sci*. 32: 39–50.

[24] De Maagd R.A., Bravo A., Berry C., Crickmore N., Schnepf H.E. 2003. Structure, diversity and evolution of protein toxins from spore-forming entomopathogenic bacteria. *Ann. Rev. Genet*. 37: 409–433.

[25] Ding L.C., Hu C.Y., Yeh K.W., Wang P.J. 1998. Development of insect-resistant transgenic cauliflower plants expressing the trypsin inhibitor gene isolated from local sweet potato. *Plant Cell Rep.* 17: 854–860.

[26] Domoney C., Welham T., Ellis N., Mozzanega P., Turner L. 2002. Three classes of proteinase inhibitor gene have distinct but overlapping patterns of expression in *Pisum sativum* plants. *Plant Mol. Biol. Rep*. 48(3): 319–329.

[276] Douches D.S., Pett W., Santos F., Coombs J., Grafius E., Li W., Anis Metry E., Madkour M., Nasr El-Din N. 2004. Field and storage testing Bt-potatoes for resistance to potato tuber moth (*Lepidoptera*: *Gelichiidae*). *J. Econ. Entomol.* 97(4): 1425–1431

[28] Down R.E., Angharad W.D., Gatehouse A.M.R. 1996. Snowdrop lectin inhibits development and decreases fecundity of the Glasshouse Potato Aphid (*Aulacorthum solani*) when administered in vitro and via transgenic plants both in laboratory and glasshouse trials. *J. Insect Physiol*. 42(11–12): 1035–1045.

[29] Down R.E., Ford L., Mosson H.J., Fitches E., Gatehouse J.A., Gatehouse A.M.R. 1999. Protease activity in the larval stage of the parasitoid wasp, *Eulophus pennicornis* (Nees) (*Hymenoptera*: *Eulophidae*); effects of protease inhibitors. *Parasitology* 119(2): 157–166.

[30] Duck N., Evola S. 1997. Use of transgenes to increase host plant resistance to insects: opportunities and challenges. Advances in Insect Control: The Role of Transgenic Plants, Carozzi N., Koziel M. (red). Taylor & Francis, London: 1–18.

[310] Dutta I., Saha P., Majumder P., Sarkar A., Chakraborti D., Banerjee S., Das S. 2005. The efficacy of a novel insecticidal protein, *Allium sativum* leaf lectin (ASAL), against homopteran insects monitored in transgenic tobacco. *Plant Biotechnol. J*. 3(6): 601–611.

[32] Ebora R.V., Ebora M.M., Sticklen M.B. 1994. Transgenic potato expressing the *Bacillus thuringiensis CryIA(c)* gene effects on the survival and food consumption of *Phthorimaea operculella* (*Lepidoptera*: *Gelechiidae*) and *Ostrinia nubilalis* (*Lepidoptera*: *Noctuidae*). *J. Econ. Entomol*. 87(4): 1122–1127.

[33] Fan S.G., Wu G.J. 2005. Characterization of plant proteinase inhibitors and their applications in combating phytophagous insects. *Bot. Bull. Acad. Sin*. 46: 273–292.

[34] Fang H.J., Li D.L., Wang G.L. 1997. An insect resistant transgenic cabbage plant with Cowpea Trypsin inhibitor (CPT) gene. *Acta Bot. Sin*. 39: 940–945.

[35] Fitches E., Wilkinson H., Bell H., Bown D., Gatehouse J.A., Edwards, J.P. 2004. Cloning, expression and functional characterisation of chitinase from larvae of tomato moth (*Lacanobia oleracea*): A demonstration of the insecticidal activity of insect chitinase. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 34: 1037–1050.

[36] Gatehouse A.M.R., Down R.E., Powell K.N., Sauvion Y., Rahbé C.A. 1996. Transgenic potato plants with enhanced resistance to the peach-potato aphid *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Appl.* 79(3): 295–307.

[37] Gatehouse A.M.R., Davison G.M., Newell C.A., Merryweather A., Hamilton W.D.O., Burgess E.P.J., Gilbert R.J.C., Gatehouse J.A. 1997. Transgenic potato plants with enhanced resistance to the tomato moth, *Lacanobia oleracea*: growth room trials. *Mol. Breed*. 3: 49–63.

[38] Gatehouse A.M.R., Davison G.M., Stewart J.N., Gatehouse L.N., Kumar A., Geoghegan I.E. 1999. Concanavalin A inhibits development of tomato moth (*Lacanobia oleracea*) and peach-potato aphid (*Myzus persicae*) when expressed in transgenic potatoplants. *Mol. Breed*. 5: 153–165.

[39] Gatehouse J.A. 2008. Biotechnological prospects for engineering insect-resistant plants. *Plant Physiol*. 146: 881–887.

[40] Goldstein I.J., Hayes C.E. 1978. The lectins: Carbohydrate-binding proteins of plants and animals. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem*. 35: 127–340.

[41] Grafius E.J., Douches D.S. 2008. The present and future role of insect resistant, genetically modified potato cultivars in potato IPM. W: Integration of Insect-Resistant GM Crops within IPM Programs. Romeis J., Shelton A.M., Kennedy G.G. (red.). Springer Science + Business Media B.V: 195–221.

[42] Helgason E., Okstad O.A., Caugant D.A., Johansen H.A., Fouet A., Mock M., Hegna I. Kolsto A.B. 2000. *Bacillus anthrancis*, *Bacillus cereus*, and *Bacillus thuringiensis* one species on the basis of genetic evidence. *Appl. Environ. Microbiol*. 66: 2627–2630.

[43] Ishimoto M., Sato T., Chrispeels M.J., Kitamura K. 1996. Bruchid resistance of transgenic azuki bean expressing seed – amylase inhibitor of common bean. *Entomol. Exp. Appl*. 79: 309–315.

[44] James C. 2009. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2009. Brief 41. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. Ithaca, NY, USA: 37 ss.

[45] Jansens S., Cornelissen M., De Clercq R., Reynarts A., Peferoen M. 1995. *Phthorimaea operculella* (*Lepidoptera*: *Gelechiidae*) resistance in potato by expression of the *Bacillus thuringiensis* CryIA(b) insecticidal crystal protein. *J. Econ. Entomol*. 88(5): 1469–1476.

[46] Jelenkovic G., Billings S., Chen Q., Lashomb J., Hamilton G., Ghidiu G. 1998. Transformation of eggplant with synthetic *cryIIA* gene produces a high level of resistance to the Colorado potato beetle. *J. Am. Soc. Hort. Sci*. 123(1): 19–25.

[47] Kondrák M., Kutas J., Szenthe B., Patthy A., Bánfalvi Z., Nádasy M., Gráf L., Asbóth B. 2005. Inhibition of Colorado potato beetle larvae by a locust proteinase inhibitor peptide expressed in potato. *Biotechnol. Lett.* 12: 829–834.

[48] Korth K.L., Dixon R.A. 1997. Evidence for cheving insect-specific molecular events distinct from a general wound response in leaves. *Plant Physiol*. 115: 1299–1305.

[49] Krattiger A.F. 1996. Insect resistance in crops: A case study of *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) and its Transfer to Developing Countries. *ISAAA Briefs* No. 2. ISAAA: Ithaca, NY: 42 ss.

[50] Lecardonnel A., Chauvin L., Jouanin L., Beaujean A., Prévost G., Sangwan-Norreel C. 1999. Effects of rice cystatin I expression in transgenic potato on Colorado potato beetle larvae. *Plant Science* 140(1): 71–79.

[51] Majer-de Sousa M.J., Hardie D.C., Turner N.C., Higgins T.J. 2007. Bean alpha-amylase inhibitors in transgenic peas inhibit development of pea weevil larvae. *J. Econ. Entomol*. 100(4): 1416–1422.

[52] Meiyalaghan S., Jacobs J.M.E., Butler R.C., Wratten S.D., Conner A.J. 2006. Transgenic potato lines expressing *cry1Ba1* or *cry1Ca5* genes are resistant to potato tuber moth. *Potato Res*. 49: 203–216.

[53] Metz T.D., Roush R.T., Tang J.D., Shelton A.M., Earle E.D. 1995. Transgenic broccoli expressing *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal protein: implications for pest resistance management strategies. *Mol. Breed*. 1: 309–317.

[54] Morton R.L., Hart E., Schroeder H.E., Kaye S.B., Chrispeels M.J., Armstrong E., Higgins T.J.V. 2000. Bean α-amylase inhibitor 1 in transgenic peas (*Pisum sativum*) provides complete protection from pea weevil (*Bruchus pisorum*) under field conditions. *Agric. Sci*. 97(8): 3820–3825.

[55] Naimov S., Dukiandjiev St., de Maagd R.A. 2003. A hybrid *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin gives resistance against a Coleopteran and a Lepidopteran pest in transgenic potato. *Plant Biotech. J*. 1(1): 51–59.

[56] Noteborn H.P.J.M., Bienenmann-Ploum M.E., Van Den Berg J.H.J., Alink G.M., Zolla L., Kuiper H.A. 1993. Food safety of transgenic tomato expressing the insecticidal crystal protein CrylA(b) from *Bacillus thuringiensis* and the marker enzym APH(3')II. Mededelingen-van-de-Faculteit-Landbouwwetenschappen-Universiteit-Gent. 58: 1851–1858.

[57] Peferoen M., Jansens S., Reynaerts A., Leemans J. 1990. Potato plants with engineered resistance against insect attack. W: Molecular and cellular biology of the potato. Vayda M., Park W. (red.), CAB, Tucson, AZ: 193–204.

[58] Perlak F.J., Stone T.B., Muskopf J.M., Petersen L.J., Parker G.B., McPherson S.A., Wyman J., Love S., Reed G., Biever D., Fischhoff D.A. 1993. Genetically improved potatoes: protection from damage by Colorado potato beetles. *Plant Mol. Biol*. 22(2): 313–321.

[59] Porcar M., Grenier A.M., Federici B., Rahbe Y. 2009. Effects of *Bacillus thuringiensis* endotoxins on the pea aphid (*Acyrthosiphon pisum*). *Appl. Environ. Microbiol.* 75(14): 4897–4900.

[60] Rahbé Y., Deraison C., Bonadé-Bottino M., Girard C., Nardon C., Jouanin L. 2003. Effects of the cysteine protease inhibitor oryzacystatin (OC-I) on different aphids and reduced performance of *Myzus persicae* on OC-I expressing transgenic oilseed rape. *Plant Science* 164: 441–450.

[61] Rahbé Y., Ferrasson E., Rabesona H., Quillien L. 2003. Toxicity to the pea aphid *Acyrthosiphon pisum* of anti-chymotrypsin isoforms and fragments of Bowman-Birk protease inhibitors from pea seeds. *Insect Biochem. Mol. Biol*. 33: 299–306.

[62] Rang C., Gil P., Neisner N., Van Rie J., Frutos R. 2005. Novel Vip3-related protein from *Bacillus thuringiensis*. *Appl. Environ. Microbiol*. 71(10): 6276–6281.

[63] Reeck G.R., Kramer K.J., Baker J.E., Kanost J.A., Fabrick C.A., Behnke C.A. 1997. Proteinase inhibitors and resistance of transgenic plants to insects. Advance in insect control: The Role of Transgenic Plants: 157–183.

[64] Ribeiro A.P.O., Pereira E.J.G., Galvan T.L., Picanço M.C., Picoli E.A.T., Silva D.J.H., Fári M.G., Otoni W.C. 2006. Effect of eggplant transformed with oryzacystatin gene on *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae*. *J. Appl. Entomol.* 130(2): 84–90.

[65] Schroeder H.E., Gollasch S., Moore A., Tabe L.M., Craig S., Hardie D.C., Chrispeels M.J., Spencer D., Higgins T. 1995. Bean [alpha]-amylase inhibitor confers resistance to the pea weevil (*Bruchus pisorum*) in transgenic peas (*Pisum sativum* L.). *Plant Physiology* 107(4): 1233–1239.

[66] Schuler T.H., Poppy G.M., Kerry B.R., Denholm I. 1998. Insect-resistant transgenic plants. *Trends in Biotechnology* 16: 168–175.

[67] Shade R.E., Schroeder H.E., Pueyo J.J., Tabe L.M., Murdock L.L., Higgins T.J.V., Chrispeels M.J. 1994. Transgenic pea seeds expressing the amylase inhibitor of the common bean are resistant to bruchid beetles. *Biotechnology* 12: 793–796.

[68] Shelton, A.M., Fuchs M., Shotkowski M. 2008. Transgenic vegetables and fruits for control of insect and insect-vectored pathogens. W: Integration of insect-resistant, genetically modified crops within IPM programs. J. Romeis, A.M. Shelton, G.G. Kennedy (red.): 249–272.

[69] Singsit C., Adang M.J., Lynch R.E., Anderson W.F., Wang A., Cardineau G., Ozias-Akins P. 1997. Expression of a *Bacillus thuringiensis cryIA(c)* gene in transgenic peanut plants and its efficacy against lesser cornstalk borer. *Transgen. Res*. 6: 169–176.

[70] Smith C.M. 2005. Plant Resistance to Arthropods. Molecular and Conventional Aproaches: 303–343.

[71] Soberon M., Gill S.S., Bravo A. 2009. Signaling versus punching hole: How do *Bacillus thuringiensis* toxins kill insect midgut cells. *Cell. Mol. Life Sci.* 66: 1337–1349.

[72] Stockhaus J., Schell J., Willmitzer L. 1989. Correlation of the expression of the nuclear photosynthetic gene *St-LS1* with the presence of chloroplasts. *The European Molecular Biology Organization* 8: 2445–2451.

[73] Tarver M.R., Shade R.E., Shukle R.H., Moar W.J., Muir W.M., Murdock L.M., Pittendrigh B.R. 2007. Pyramiding of insecticidal compounds for control of the cowpea bruchid (*Callosobruchus maculatus* F.). *Pest. Manag*. 63(5): 440–446.

[74] Van Der-Salm T., Bosch D., Honee G., Feng L., Munsterman E., Bakker P., Stiekema W.J., Visser B. 1994. Insect sesistance of transgenic plants that express modified *Bacillus thuringiensis cry1A* and *cry1C* gene: A resistance management strategy. *Plant Mol. Biol*. 26: 51–59.

[75] Vasconcelos I.M., Oliveira J.T.A. 2004. Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon*. 44: 385–403.

[76] Wakefield M., Bell H., Fitches E., Edwards J., Gatehouse J.A. 2006. Effects of *Galanthus nivalis* agglutinin (GNA) expressed in tomato leaves on larvae of the tomato moth *Lacanobia oleracea* (*Lepidoptera*: *Noctuidae*) and the effect of GNA on the development of the endoparasitoid *Meteorus gyrator* (*Hymenoptera*: *Braconidae*). *Bull. Entomol. Res.* 96(1): 43–52.

[77] Xu Z.F., Teng W.L., Chye M.L. 2004. Inhibition of endogenous trypsin- and chymotrypsin-like activities in transgenic lettuce expressing heterogeneous proteinase inhibitor SaPIN2a. *Planta* 218: 623–629.

[78] Yeh K.W., Lin M.I., Tuan S.J., Chen Y.M., Lin C.Y., Kao S.S. 1997. Sweet potato (*Ipomoea batatas*) trypsin inhibitors expressed in transgenic tobacco plants confer resistance against *Spodoptera litura*. *Plant Cell Rep*. 16: 696–699.

[79] Zhang X., Candas M., Griko N. B., Taissing R., Bulla L.A. 2006. A mechanism of cell death involving an adenylyl cyclase/PKA signaling pathway is induced by the Cry1Ab toxin of *Bacillus thuringiensis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103: 9897–9902.

[80] Zhang X., Candas M., Griko N.B., Rose-Young L., Bulla L.A. 2005. Cytotoxicity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin depends on specific binding of the toxin to the cadherin receptor BT-R1 expressed in insect cells. *Cell Death Differ* 12: 1407–16.

[81] Zhao J.Z., Collins H., Tang J.D., Cao J., Earle E.D., Roush R.T., Herrero S., Escriche B., Ferré J., Shelton A.M. 2000. Development and characterization of diamondback moth resistance totransgenic broccoli expressing high levels of Cry1C. *Appl. Environ. Microbiol*. 66: 3784–3789.

[82] Zhao J.Z., Li Y.X., Collins H.L., Cao J., Earle E.D., Shelton A.M. 2001. Different cross-resistance patterns in the diamondback moth (*Lepidoptera*: *Plutellidae*) resistant to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1C. *J. Econ. Entomol*. 94: 1547–1552.

Pest-resistant transgenic vegetables

Keywords: genetically modified vegetables, transgenic pest-resistance, insect control, *Bacillus thuringiensis*, protease inhibitors, lectins

Summary

Worldwide, the yield of vegetable crops has been substantially reduced by herbivorous insects. Nowadays, the insecticides are applied to control pests affecting vegetables. The insertion of *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) gene into vegetables can provide alternative method for chemical insect control. For many years, the studies on effectiveness of GM-vegetables (broccoli, cabbage, cauliflower, mustards, pea, aubergine, celery, potato, tomato etc.) against the targeted, key pest were carried out. To modify the vegetable plants, Bt genes encoding for Cry proteins that control insect pests were used. However, plant–derived genes encoding for inhibitors of serine proteases (trypsin, chymotrypsin) and lectins were also studied. In most cases, the vegetables transformed with genes from higher plants were not as effective in reduction of insect performance or population density as the *Bt* crops did.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 121–131

Wirusy i fitoplazmy orzecha włoskiego i leszczyny

Mirosława Cieślińska
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa im. Szczepana Pieniążka,
ul. Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice
e-mail: Miroslawa.Cieslinska@insad.pl

Słowa kluczowe: orzech włoski, leszczyna, wirus, fitoplazma, taksonomia, występowanie, wykrywanie

Wstęp

Wysoka wartość odżywcza, walory smakowe i lecznicze czynią orzechy laskowe i włoskie jednymi z najbardziej poszukiwanych owoców do spożywania w stanie surowym i do stosowania w formie różnego rodzaju dodatków do artykułów spożywczych. Orzechy stanowią poszukiwany surowiec dla przemysłu cukierniczego, piekarniczego, farmaceutycznego i spirytusowego. Światowa produkcja orzechów włoskich kształtuje się na poziomie 1700 tys. ton, a głównymi producentami owoców są Chiny, USA, Turcja i Iran. W Polsce drzewa tego gatunku uprawiane są od kilkuset lat, głównie amatorsko w południowo-wschodniej i południowej części kraju oraz na Pomorzu Zachodnim. W ostatnich latach zainteresowanie produkcją orzecha włoskiego w Polsce wzrasta, o czym świadczy systematyczne zwiększanie powierzchni pod nasadzenia drzew tego gatunku (od 6,3 tys. ha w 2006 r. do 15,3 tys. ha w 2009 r.). Szacuje się, że w naszym kraju rocznie uzyskuje się ok. 11–12 tys. ton owoców [dane: FAOSTAT, http://faostat.fao.org/].

Światowa produkcja orzechów laskowych sięga 1000–1100 tys. ton, a ich głównymi dostawcami na rynku są Turcja, Włochy i USA. W Polsce uprawą leszczyny zajmuje się od dawna wielu amatorów i sadowników uzyskując rocznie ok. 4 tys. ton owoców. Areał uprawy leszczyny w naszym kraju kształtuje się od kilku lat na podobnym poziomie i wynosi ok. 3 tys. hektarów [dane: FAOSTAT, http://faostat.fao.org/]. Największe zgrupowania plantacji tego gatunku znajdują się na Lubelszczyźnie oraz w rejonie Sandomierza i Buska.

Częstą przyczyną słabego plonowania orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.) i leszczyny (*Corylus avellana* L.) są choroby. Główny problem w nasadzeniach orzecha włoskiego stanowią antraknoza i bakteryjna zgorzel, w uprawie zaś leszczyny

– monilioza, szara pleśń, mączniak prawdziwy leszczyny oraz choroby wywoływane przez bakterie *Xantomonas* sp. i *Pseudomonas* sp. Patogeny te, w większości przypadków, można zwalczać poprzez opryskiwanie środkami chemicznymi. Niestety, nie ma możliwości zastosowania takiej metody do ochrony przeciwko wirusom i fitoplazmom, dlatego mogą one powodować duże straty w uprawach orzecha włoskiego i leszczyny.

Wirus liściozwoju czereśni – patogen orzecha włoskiego

Jednym z najważniejszych patogenów orzecha włoskiego jest wirus liściozwoju czereśni (*Cherry leaf roll virus*, CLRV). Patogen ten poraża również wiele innych gatunków roślin sadowniczych i ozdobnych, m.in. czereśnię, wiąz, brzozę, bez czarny, malinę, dereń, rabarbar, ostróżkę i in. CLRV występuje m.in. w wielu krajach Europy, Ameryce Północnej, Chile, Nowej Zelandii, Australii, Turcji, Chinach oraz w Japonii [17, 18, 29, 42, 52] i rozprzestrzenia się z chorym materiałem szkółkarskim oraz przez nasiona i pyłek [9, 32, 36, 38, 52]. Izolat CLRV-W jest sprawcą groźnej choroby orzecha włoskiego objawiającej się wzorami i plamami na liściach, nekrozą miejsca zrośnięcia podkładki z odmianą szlachetną (ang. walnut blackline) oraz zamieraniem gałęzi i całych drzew [37]. Wirus liściozwoju czereśni zaklasyfikowany jest do podgrupy C rodzaju *Nepovirus*, rodziny *Comoviridae* [29], lecz w odróżnieniu od innych wirusów z tego rodzaju nie jest przenoszony przez nicienie glebowe [68].

Genom CLRV stanowi jednoniciowy kwas rybonukleinowy (ssRNA) o wielkości ok. 15 kpz, podzielony na dwa segmenty RNA1 i RNA2, których wielkość według różnych autorów wynosi odpowiednio 8,2 kpz i 6,8 kpz [39] lub 7.02 kpz i 6.33 kpz [43]. Podgrupę C rodzaju *Nepovirus* charakteryzuje m.in. duża cząsteczka RNA-2 z konserwatywnym regionem niekodującym o wielkości 1,2–1,6 kpz na końcu 3' (3'NRC).

Znanych jest wiele izolatów wirusa różniących się między sobą właściwościami biologicznymi, serologicznymi i molekularnymi [11, 22, 28, 30, 42, 43, 52, 53, 71]. CLRV, po przeniesieniu metodą mechanicznej inokulacji, poraża różne gatunki roślin zielnych z rodziny *Chenopodiaceae*, *Compositae* i *Solanacae* [7], przy czym wirulentność szczepów jest różna. Badania wykazały, że izolaty wirusa z wiązu i czereśni miały podobne właściwości biologiczne – zakres roślin żywicielskich, charakter i nasilenie objawów na nich wywoływanych oraz właściwości w soku in vitro [28]. W wyniku tych prac stwierdzono, że niektóre izolaty CLRV są zdolne do zakażania różnych gatunków roślin, podczas gdy inne, np. izolat z rabarbaru lub izolat z bzu czarnego, porażały systemicznie jedynie gatunki roślin porażanych naturalnie, co wskazuje na istnienie związku między izolatem wirusa, a rośliną żywicielską. Inne badania wykazały również korelację między właściwościami serologicznymi i molekularnymi izolatów CLRV [52]. Stwierdzono wysokie podobieństwo (98,5%) sekwencji nukleotydów w regionie 3'NRC genomu izolatów CLRV z orzecha włoskiego, podczas gdy podobieństwo pomiędzy analogicznym fragmentem izolatów wirusa

z orzecha a izolatów z innych gatunków roślin wynosiło tylko 80% [8]. Zróżnicowanie genetyczne fragmentu 3'NRC izolatów CLRV pochodzących z różnych środowisk i gatunków roślin było podstawą do zaklasyfikowania izolatów wirusa do sześciu głównych grup [22, 52]. W grupach tych dominują izolaty pochodzące z: brzozy i czereśni (grupa A), rabarbaru i jesionu (grupa B), maliny i szczawiu (grupa C), orzecha włoskiego (grupa D1 i D2), i bzu czarnego (grupa E). W badaniach właściwości biologicznych izolatów wirusa liściozwoju czereśni najczęściej stosowane są: *Chenopodium quinoa*, *C. amaranticolor*, *Cucumis sativus*, *Nicotiana rustica*, *N. tabacum* odm. 'White Barley' i 'Xanthi', *N. benthamiana* oraz *Gomphrena globosa* [28, 42, 56]. Stosując w testach takie gatunki jak *Gomphrena globosa* i *Petunia hybryda* wykazano zróżnicowanie właściwości biologicznych pomiędzy izolatami CLRV wydzielonymi z kilku gatunków roślin [28].

Do wykrywania CLRV stosowany jest rutynowo test ELISA [29, 32, 57] z zastosowaniem przeciwciał poliklonalnych. Test łańcuchowej reakcji polimerazy (ang. **p**olymerase **c**hain **r**eaction, PCR) poprzedzony wychwytywaniem cząstek wirusa przez specyficzne przeciwciała (ang. **i**mmuno**c**apture, IC) i reakcją odwrotnej transkrypcji (ang. **r**everse **t**ranscription, RT) okazał się 1000–10000-krotnie czulszą metodą, niż ELISA [69] i został zoptymalizowany do rutynowych testów na obecność CLRV w roślinach drzewiastych [22]. Do wykrywania wirusa stosowane są również inne warianty RT-PCR [33]. Badania struktury populacji izolatów CLRV i epidemiologii patogena wymagają identyfikacji jego szczepów (izolatów). Stosunkowo szybką i łatwą metodą różnicowania genetycznego izolatów jest analiza polimorfizmu długości fragmentów restrykcyjnych (ang. **R**estriction **F**ragment **L**ength **P**olymorphism, RFLP) regionu niekodującego 3'NCR [11]. Analiza RFLP umożliwiła zaklasyfikowanie izolatów o właściwościach genetycznych charakterystycznych dla izolatów z grup A, B lub E do odpowiednich grup filogenetycznych [52]. Za pomocą tej metody nie można było jednak rozróżnić izolatów z innych grup (np. izolatów z grupy D1 zdefiniowanej dla izolatów CLRV pochodzących z orzecha włoskiego), od izolatów zaklasyfikowanych do grupy A. Inną metodą stosowaną przy klasyfikacji genetycznej izolatów CLRV jest analiza sekwencji. Technika ta ma szczególne znaczenie w przypadku izolatów wirusa nie pochodzących z orzecha włoskiego, dla których, po trawieniu odpowiednio dobranymi enzymami, uzyskano profil restrykcyjny charakterystyczny dla grupy D1, do której należą izolaty CLRV z orzecha włoskiego. Otrzymanie jednakowego wzoru restrykcyjnego dla izolatów z grup C, D2 i E powininno być również przesłanką do przeprowadzenia analizy sekwencji w celu prawidłowego przyporządkowania badanych izolatów do odpowiednich grup [11].

Metoda IC-RT-PCR-RFLP jest przydatna w badaniach epidemiologicznych i przy określaniu zakresu roślin żywicielskich wirusa liściozwoju czereśni, a potencjalnie również do rozróżniania różnych wariantów sekwencji nukleotydowych w obrębie jednego izolatu wirusa i badań nad ewolucyjną zmiennością wirusa w roślinach drzewiastych. Gatunek rośliny oraz dobór tkanki do testu mogą wpływać na miaro-

dajność uzyskanych wyników testu. Stosunkowo łatwo można było zamplifikować fragment RNA izolatu wirusa pochodzącego z orzecha włoskiego i bzu czarnego, znacznie trudniej zaś z brzozy. Koncentracja wirusa była większa w pąkach, kwiatostanach, zawiązkach owocowych i młodych pędach niż w liściach brzozy [24].

Poza analizą sekwencji fragmentu regionu niekodującego 3'NCR wirusa, analizowano również gen białka płaszcza (ang. coat protein, CP) izolatów CLRV [53, 62, 71] oraz subgenomowe RNA [10]. Analiza porównawcza sekwencji nukleotydów genu CP kilku izolatów porażających drzewa orzecha włoskiego z Włoch, Anglii i Hiszpanii i sekwencji analogicznego fragmentu genomu izolatu wirusa CLRV-W8 z Kalifornii wykazała duże podobieństwo genetyczne badanych izolatów (94,7–99%), a znacznie mniejsze (79%) między izolatami wirusa z orzecha włoskiego, a izolatem z brzozy [71]. Stwierdzono istnienie korelacji pomiędzy właściwościami serologicznymi i molekularnymi izolatów CLRV, a rośliną żywicielską, z której dany izolat pochodził. Istotne zróżnicowanie izolatów wirusa i ich związek z określonymi gatunkami roślin może być wynikiem naturalnego rozprzestrzeniania się wirusa z pyłkiem i nasionami. Mechanizm ten prowadzi w efekcie do izolacji genetycznej i adaptacji izolatów CLRV do określonego gatunku rośliny-gospodarza [52, 53].

Wirus mozaiki jabłoni w leszczynie

Wirus mozaiki jabłoni (*Apple mosaic virus*, ApMV) poraża 65 gatunków roślin drzewiastych i zielnych z 19 rodzin m.in: jabłoń, drzewa pestkowe, kasztanowiec, brzozę, chmiel, malinę, truskawkę, różę oraz leszczynę [4, 20, 40, 58, 67]. Po raz pierwszy wirus został opisany na krzewach leszczyny w Bułgarii [6], a późniejsze badania wykazały jego obecność na plantacjach tego gatunku m.in. we Włoszech, Francji, Hiszpanii, Wielkiej Brytanii, USA i Turcji [2, 48, 66]. W kolekcji odmian USDA zgromadzonych w National Clonal Germplasm w Oregon (USA) wirus był wykrywany w wielu krzewach leszczyny pochodzących z Hiszpanii, Turcji, Włoch, Anglii i Gruzji, chociaż w większości przypadków patogen nie wywoływał objawów chorobowych [50]. W Polsce południowo-wschodniej prowadzono badania nad występowaniem wirusa mozaiki jabłoni w leszczynie [31, 47]. Za pomocą testu serologicznego ELISA zbadano łącznie 532 krzewy leszczyny *Corylus avellana* L., *C. maxima* Mill., *C. americana* Walt., *C. colurna* L. reprezentujące 27 odmian oraz nieokreślony materiał z upraw amatorskich i egzemplarze dziko rosnące. Obecność ApMV stwierdzono u wszystkich testowanych krzewów odmiany 'Negret' oraz w pojedynczym krzewie klonu 104 E [31]. Badania prowadzone w Hiszpanii wykazały, że wirus występował w większości badanych krzewów odmiany 'Negret' (w 311/320 testowanych), która dominuje na tamtejszych plantacjach [5]. Wirus rozprzestrzeniany jest z chorym materiałem szkółkarskim [21]. Nie jest znany naturalny wektor ApMV [50], a doniesienia o przenoszeniu ApMV przez nasiona i pyłek [5, 13, 55] nie zostały potwierdzone. Porażone krzewy najczęściej nie wykazują objawów chorobo-

wych lub na pojedynczych gałęziach występują liście z żółtymi pierścieniami, wzorami, plamami, jednak wirus może powodować spadek plonu owoców sięgający nawet 60% [3, 4, 54].

Wirus mozaiki jabłoni jest zaklasyfikowany do podgrupy 3 rodzaju *Ilarvirus*, rodziny *Bromoviridae* [58, 65]. Genom wirusa stanowi jednoniciowy kwas rybonukleinowy (ssRNA) podzielony na trzy segmenty: RNA1, RNA2 i RNA3 o wielkości odpowiednio 3,47 kpz; 2,98 kpz; 2,01 kpz [64, 65]. Ponadto w cząsteczce ApMV znajduje się subgenomowe RNA4 [58, 61]. RNA1, RNA2, RNA3 i RNA4 wirusa zostały zsekwencjonowane [61, 64, 65]. Badania dotyczące filogenezy izolatów ApMV opierały się głównie na analizie sekwencji nukleotydów genu białka płaszcza (CP) wirusa i wykazały zróżnicowanie molekularne izolatów wirusa pochodzących z różnych gatunków roślin i obszarów geograficznych [1, 25, 44, 45, 64]. Dotychczas w bazie GenBank («http://www.ncbi.nlm.nih.gov») zdeponowano 71 sekwencji nukleotydów genów (lub ich fragmentów) metylotransferazy/helikazy, polimerazy, białka płaszcza i białka transportowego. Większość izolatów ApMV, dla których opublikowano sekwencje nukleotydowe fragmentów genomu pochodziła z jabłoni, a tylko nieliczne izolaty z innych gatunków roślin: gruszy (6), *Prunus* sp. (1), truskawki (1), migdała (1), chmielu (1).

W testach diagnostycznych z wykorzystaniem roślin zielnych i w badaniach właściwości biologicznych izolatów ApMV najczęściej stosowane są: *Chenopodium quinoa* Willd., *C. amaranticolor* Coste et Reyn., *Cucumis sativus* L. i *Cyamopsis tetragonoloba* L. [2, 20]. Ze względu na labilność cząstek ApMV utrudnione jest przeniesienie wirusa metodą inokulacji mechanicznej z roślin drzewiastych na zielne rośliny wskaźnikowe.

Powszechnie stosowaną metodą wykrywania wirusa mozaiki jabłoni jest ELISA z zastosowaniem przeciwciał poliklonalnych [20, 51]. Ze względu na zróżnicowanie serologiczne izolatów ApMV przygotowano surowice na kilka szczepów wirusa [14, 20]. Za pomocą surowicy specyficznej na szczepy pochodzące z chmielu można wykrywać ApMV nie tylko w roślinach tego gatunku, ale również w śliwie i jabłoni [19]. Koncentracja wirusa zmienia się w zależności od pory roku oraz przebiegu pogody i jest różna w poszczególnych organach porażonych roślin. Badania wykazały, że największa koncentracja cząstek ApMV jest w śpiących pąkach liściowych i kwiatowych, płatkach kwiatów oraz młodych liściach [19, 23]. Znacznie bardziej czułym testem niż ELISA jest RT-PCR [45, 46, 70]. Stosowano również RT-PCR w wersji multiplex z jednoczesnym wykrywaniem ApMV i kilku innych wirusów podczas jednej reakcji [26, 60]. Szybka metoda izolacji RNA [59] umożliwia przeprowadzenie w krótkim czasie przesiewowych badań diagnostycznych w materiale in vitro lub zasobach genowych roślin żywicielskich ApMV [15].

Fitoplazmy w leszczynie

Fitoplazmy są sprawcami około 600 różnych chorób wielu gatunków roślin. Patogeny te stanowią poważny problem szczególnie w rejonach o ciepłym i suchym klimacie prowadząc do poważnych strat ekonomicznych w uprawie na skutek zmian degeneracyjnych i częstego zamierania porażonych roślin. Do najczęstszych objawów wywoływanych przez fitoplazmy na krzewach leszczyny należą: redukcja blaszek liściowych i ich żółknięcie, skrócenie międzywęźli, zahamowanie wzrostu, obniżenie plonu owoców i zamieranie gałęzi.

W literaturze istnieje niewiele danych na temat fitoplazm występujących na plantacjach leszczyny. Powolne zamieranie krzewów tego gatunku obserwowano po raz pierwszy w końcu lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku na plantacjach w stanie Oregon (USA). W ciągu kilkunastu lat choroba się rozprzestrzeniła na sąsiadujące nasadzenia [12]. Późniejsze badania wykazały, że sprawcą choroby karłowatości leszczyny (Hazelnut stunt syndrome, HSS) była fitoplazma [27]. Fitoplazmy '*Candidatus* Phytoplasma mali' ('*Ca*. P. mali'), '*Ca*. P. pyri' i '*Ca.* P. prunorum' z grupy fitoplazmy proliferacji jabłoni wykrywano na plantacjach leszczyny w Niemczech i we Włoszech [35]. Ze względu na charakterystyczne objawy, autorzy zaproponowali nazwę „żółtaczka leszczyny" dla choroby wywoływanej przez te fitoplazmy. Z kolei w krzewach leszczyny uprawianych w USA, na których obserwowano drobnienie i żółknięcie liści, podwinięcie blaszek liściowych, zahamowanie wzrostu pędów i gałęzi oraz skrócenie międzywęźli wykrywano fitoplazmy z grupy choroby X [27, 49].

Chociaż choroby wywoływane przez fitoplazmy występują w Polsce od kilkudziesięciu lat ze zmiennym nasileniem, nie prowadzono dotychczas szeroko zakrojonych badań nad występowaniem fitoplazm na plantacjach leszczyny pospolitej. Sporadycznie prowadzone testy wykazały jednak obecność fitoplazmy '*Candidatus* Phytoplasma asteris' z grupy żółtaczki astra w kilku krzewach różnych odmian [16].

Do wykrywania i identyfikacji fitoplazm w leszczynie stosowano testy biologiczne, polegające na przenoszeniu patogena na rośliny kataranta różowego (*Catharanthus roseaus*) za pośrednictwem kanianki [51] lub wrażliwe odmiany siewki leszczyny pospolitej. Po dwóch miesiącach od szczepienia tarczek pobranych z porażonych krzewów, na siewkach leszczyny występowało żółknięcie, a następnie przedwczesne czerwienienie liści [41]. Do obserwacji cząstek fitoplazm w tkankach roślin wykazujących żółknięcie liści i zamieranie pędów stosowano również mikroskopię elektronową [51] i fluorescencyjną [63]. Obecnie do wykrywania fitoplazm wykorzystywane są z powodzeniem bardzo czułe techniki biologii molekularnej. Standardowymi metodami identyfikacji fitoplazm i podstawą ich klasyfikacji są amplifikacja w reakcji PCR fragmentu rybosomalnego DNA (16S rDNA) lub genu białka rybosomalnego (rp) połączona z analizą polimorfizmu długości ich fragmentów restrykcyjnych (RFLP) [34] oraz analiza sekwencji konserwatywnego genu 16S rRNA. Analiza PCR/RFLP umożliwiła zidentyfikowanie w krzewach leszczyny fitoplazm

z grup: proliferacji jabłoni i żółtaczki astra występujące również w infekcji mieszanej [35]. Za pomocą tej techniki, wraz z dodatkowo przeprowadzoną analizą sekwencji nukleotydów fragmentu 16 rDNA, zidentyfikowano w roślinach leszczyny uprawianych w USA fitoplazmę należącą do podgrupy B grupy fitoplazmy choroby X [27, 49]. Sekwencję fragmentu genu 16S rRNA zidentyfikowanej fitoplazmy zamieszczono w bazie GenBank i porównano z sekwencjami analogicznego fragmentu innych fitoplazm. Wykazano najwyższy stopień podobieństwa (99,9%) z sekwencją kanadyjskiej fitoplazmy brzegowej żółtaczki koniczyny (Canadian clover yellow edge) [27]. Analiza porównawcza sekwencji fragmentu genu 16S rRNA fitoplazm wyizolowanych z kilku krzewów leszczyny rosnących na plantacjach w Polsce z sekwencjami analogicznego fragmentu fitoplazm dostępnymi w bazie GenBank wykazała podobieństwo na poziomie 99,7–99,8% z referencyjnym izolatem '*Candidatus* Phytoplasma asteris' [16].

Zwalczanie wirusów i fitoplazm

Nie ma bezpośrednich metod zwalczania wirusów i fitoplazm, a decydujące znaczenie w ochronie orzecha włoskiego i leszczyny ma profilaktyka. Opisane patogeny przenoszone są przede wszystkim wraz z porażonym materiałem szkółkarskim. Drzewka użyte do zakładania sadu powinny zatem być wolne od wirusów i fitoplazm. Konsekwencje posadzenia chorych drzew i krzewów odczuwane są przez cały okres ich uprawy. Należy pamiętać o zachowaniu izolacji przestrzennej od zaniedbanych nasadzeń, a także od roślin z naturalnych środowisk mogących być nosicielami wirusów i fitoplazm. Każdego roku, począwszy od wiosny konieczne jest wykonywanie lustracji nasadzeń. Ważnym elementem ochrony roślin przed fitoplazmami jest zwalczanie skoczków będących wektorami tych patogenów. Porażone drzewa i krzewy powinny być usuwane, aby wyeliminować źródło infekcji, a tym samym zapobiec dalszemu rozprzestrzenianiu się chorób.

Podsumowanie

Wirus liściozwoju czereśni (*Cherry leaf roll virus*, CLRV) należy do najważniejszych patogenów porażających orzech włoski. Przenoszenie wirusa z pyłkiem stwarza zagrożenie łatwego rozprzestrzenienia się patogena na zdrowe drzewa. Przedstawiono charakterystykę biologiczną, serologiczną i molekularną szczepów CLRV, ich wykrywanie oraz szkodliwość. Badania prowadzone w świecie nad wirusem mozaiki jabłoni (*Apple mosaic virus*, ApMV) na leszczynie dotyczyły jego występowania, sposobów rozprzestrzeniania, wpływu na plonowanie krzewów oraz metod wykrywania i identyfikacji patogena. Charakteryzowano i porównywano również właściwości izolatów ApMV pochodzących z różnych gatunków roślin, lecz

brak jest w literaturze doniesień dotyczących zróżnicowania serologicznego i molekularnego izolatów wirusa z leszczyny. Spośród fitoplazm porażających leszczynę opisywano fitoplazmy z grupy 16Sr I (żółtaczki astra), 16Sr III (choroby X) oraz z grupy 16Sr X (proliferacji jabłoni). Patogeny te wywołują choroby typu żółtaczek i prowadzą do powolnego zamierania krzewów. W literaturze opisywane były różne metody wykrywania fitoplazm – od testów biologicznych do metod wykorzystujących techniki biologii molekularnej.

Literatura

[1] Alrefai R.H., Shiel P.J., Domier L.L., D'arcy C.J., Berger P.H., Korban S.S. 1994. The nucleotide sequence of apple mosaic virus coat protein gene has no similarity with other Bromoviridae coat protein genes. *J. Gen. Virol*. 75: 2847–2850.

[2] Akbas B, Ilhan D, Atlamaz A. 2005. A preliminary survey of hazelnut (*Corylus avellana* L.) viruses in Turkey. *Acta Hort.* 686: 359–466.

[3] Aramburu J., Rovira M. 1995. Effect of Apple mosaic virus (ApMV) on the growth and yield of 'Negret' hazelnut. *Acta Hort*. 386: 565–568.

[4] Aramburu J., Rovira M. 1998. The effects of apple mosaic ilarvirus (ApMV) on hazelnut (*Corylus avellana* L.). *J. Hort. Sc. Biotech.* 73: 97–101.

[5] Aramburu J., Rovira M. 2000. Incidence and natural spread of apple mosaic ilarvirus in hazel in north-east Spain. *Plant Pathol.* 49: 423–427.

[6] Atanasoff D. 1935. Old and new virus diseases of trees and shrubs. *Phytopathol. Z.* 8: 197–223.

[7] Baumgartenerova H., Slovaka L. 1995. First report of Walnut ringspot caused by *Cherry leaf roll virus* from Slovakia. *Z. Pflanzenkrank. Pflanzenschutz* 102: 435–440.

[8] Borja M., Sanchez F., Rowhani A., Bruening G., Ponz F. 1995. Long, nearly identical untranslated sequences at the 3' terminal regions of the genomic RNAs of cherry leafroll virus (walnut strain). *Virus Genes* 10: 245–252.

[9] Brandte M., Büttner C. 2001. Occurrence, transmission and diagnosis cherry leaf roll nepovirus – a literature review. *Pflanzenschutzberichte* 59: 1–19.

[10] Brooks M., Bruening G. 1995. A subgenomic RNA associated with cherry leafroll virus infections. *J. Virol*. 211: 33–41.

[11] Buchhop J., Von Bargen S, Büttner C. 2009. Differentiation of *Cherry leaf roll virus* isolates from various host plants by immunocapture-reverse transcription-polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism according to phylogenetic relations. *J. Virol. Methods* 157: 147–154.

[12] Cameron H.R. 1970. An undeterminated disease of filbert. *Pl. Dis. Reptr*. 54: 69.

[13] Cameron H.R., Thompson M. 1986. Seed transmission of apple mosaic virus in hazelnut. *Acta Hort.* 193: 131–132.

[14] Casper R. 1973. Serological properties of prunus necrotic ringspot and apple mosaic virus from roses. *Phytopathol.* 63: 238–240.

[15] Choi S.H., Ryu K.H. 2003. Rapid screening of Apple mosaic virus in cultivated apples by RT-PCR. *Plant Pathol. J*. 19: 159–161.

[16] Cieślińska M. 2009. Fitoplazma z grupy żółtaczki astra w leszczynie. Materiały z 52 Ogólnopolskiej Konferencji Ochrony Roślin Sadowniczych, ISK, Skierniewice-Ossa, 18–19 marca 2009: 190–192.

[17] Cooper J.I. 1980. The prevalence of cherry leaf roll virus in *Juglands regia* in the United Kingdom. *Acta Phytopathol. Acad. Sc. Hung*. 15: 139–145.

[18] Delbos R., Kerlan C., Dunez J., Lansad M., Dosba F., Germain E. 1983. Virus infection of walnuts in France. *Acta Hort.* 130: 123–131.

[19] Fuchs E., Grüntzig M., Al Kai B. 1988. Der serologische Nachweis mechanisch ubertragbarer Viren des Kern- und Steinobstes. *Nachritenbl. Dt. Pflanzenschutz* 10: 208–211.

[20] Fulton R.W.1972. Apple mosaic virus. CMI/AAB Description of Plant Viruses No. 83, Kew, Surrey, UK: 4 ss.

[21] Fulton R.W.1983. Ilarvirus Group. CMI/AAB Description of Plant Viruses No. 213, Kew, Surrey, UK: 6 ss.

[22] Gentkow J., Rebenstorf K., Von Bargen S, Büttner C. 2005. Biological and molecular characteristics of *Cherry leaf roll virus* (CLRV) isolates from different host plants. Symposium on Plant Protection and Plant Health in Europe – Introduction and Spread of Invasive Species, Berlin 2005: 227–228.

[23] Grüntzig M., Fuchs E. 1988. Vergleich verschiedener Methoden zum Nachweis des Nekrotischen und Chlorotischen Ringflecken-Virus der Kirsche (*Prunus necrotic ring spot viru*s, PNRS; Prune dwarf virus, PDV;) sowie der Apfel-Mosaik-Virus (*Apple mosaic virus*, ApMV) in Pflaumenbäumen. *Zentralbl. Mikrobiol*. 143: 25–37.

[24] Grüntzig M., Fuchs E., Hentsch T. 1996. Occurrence and serological detection of cherry leaf roll nepovirus (CLRV) and apple mosaic ilarvirus (ApMV) in *Betula* spp. *J. of Plant Disease and Prot.* 103: 571–581.

[25] Guo D., Maiss E., Adam G., Casper R. 1995. Prunus necrotic ringspot ilarvirus: nucleotide sequence of RNA3 and the relationship to other ilarviruses based on the coat protein comparison. *J. Gen. Virol*. 76: 1070–1079.

[26] Hassan M., Myrta A., Polak J. 2006. Simultaneous detection and identification of four pome fruit viruses by one-tube pentaplex RT-PCR. *Eur. J. Virol. Methods*. 113: 124–129.

[27] Jomantiene R., Postman J.D., Montano H.G., Maas J.L., Davis R.E., Johnson K.B. 2000. First report of Clover Yellow Edge Phytoplasma in *Corylus* (Hazelnut). *Plant Disease* 84: 102.

[28] Jones A.T. 1973. A comparison of some properties of four strains of cherry leaf roll virus. *Ann. Appl. Biol*. 74: 211–217.

[29] Jones A.T. 1985. Cherry leaf roll virus. CM/AAB Description of plant viruses, No. 306: 6 ss.

[30] Jones A.T., Koenig R., Lessemann D.-E., Hamacher J., Nienhaus F., Winter S. 1990. Serological comparison of isolates of *Cherry leaf roll virus* from diseased beech and birch trees in a forest decline area in Germany with other isolates of the virus. *J. Phytopathol*. 129: 339–344.

[31] Kobyłko T., Nowak B., Urban A. 2005.Incidence of Apple mosaic virus (ApMV) on hazelnut in South-East Poland. *Folia Hort.* 17: 153–161.

[32] Kölber M., Nemeth M., Szentivanyi P. 1982. Routine testing of English walnut mother trees and group testing of seeds by ELISA for detection of cherry leaf roll virus infection. *Acta Hort.* 130: 161–171.

[33] Kumari S. 2009. Detection of *Cherry Leaf Roll Virus* and *Strawberry Latent Ring Spot Virus* by One-Step RT-PCR. *Plant Protect. Sci.* 45: 140–143.

[34] Lee I. M., Gundersen-Rindal D. E., Davis R. E., Bartoszczyk I. M. 1998. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences. *Int. J. Syst. Bacteriol*. 48: 1153–1169.

[35] Marcone C., Ragozzino A., Seeműller E. 1996. Association of phytoplasmas with the decline of European hazel in southern Italy. *Plant Pathology* 45: 857–863.

[36] Massalski P.R., Cooper J.I. 1984. The location of virus-like particles in the male gametophyte of birch, walnut, cherry naturally infected with CLRV and its relevance to vertical transmission of the virus. *Plant Pathology* 33: 255–262.

[37] Mircetich S.M., Rowhani A. 1984. The relationship of cherry leaf roll virus and blackline disease of English walnut trees. *Phytopathol.* 74: 423–428.

[38] Mircetich S.M., Samborn R.R., Ramos D.E. 1980. Natural spread, graft-transmission, and possible etiology of walnut blackline disease. *Phytopathol.* 70: 962–968.

[39] Murant A.F., Taylor M., Duncan G.H., Raschke J.H. 1981. Improved estimates of molecular weight of plant virus RNA by agarose gel electrophoresis and electron microscopy after denaturation with glyoxal. *J. Gen. Virol.* 53: 321–332.

[40] Mytra A., Di Terlizzi B., Savino V., Martelli G.P. 2003. Virus diseases affecting the Mediterranean stone fruit industry: a decade of surveys: 15–23. W: Myrta A., Di Terlizzi B., Savino V. (red.). Virus and viruslike diseases of stone fruits, with particular references to the Mediterranean region. Bari, Ciheam-Iamb Options Mèditerranèennes: Sèrie. Etudes et Recherches n.45.

[41] Németh M. 1986. Virus mycoplasma and rickettsia diseases of fruit trees. Akademiai Kiado, Budapest.

[42] Ozturk M.O., Sipahioglu H.M., Ocak M., Ustan M. 2008. Cherry leafroll virus in *Juglans regia* in the Lake van Basin of Turkey. *J. Plant Pathol.* 90: 75–79.

[43] Pallás V., Rowhani A., Daubert S., Bruening G. 1992. Properties and translation studies of Cherry leaf roll virus (CLRV). *Acta Hort.* 309: 45–54.

[44] Petrzik K. 2005. Capsid protein sequence gene analysis of Apple mosaic virus infecting pears. *Eur. J. Plant Pathol*. 111: 355–360.

[45] Petrzik K., Lenz O. 2002. Remarkable variability of apple mosaic virus capsid protein gene after nucleotide position 141. *Archives of Virology* 147: 1275–1285.

[46] Petrzik K., Svoboda P. 1997. Screening of apple mosaic virus in hop cultivars in the Czech Republic by reverse transcription – polymerase chain reaction. *Acta Virol.* 41: 101–103.

[47] Piskornik Z., Kobylko T., Nowak B. 2002. Detection of Apple mosaic virus (ApMV) on hazelnut (*Corylus* sp.) in Poland. *Phytopatol. Pol*. 23: 31–37.

[48] Postman J.D., Cameron H.R. 1987. Apple mosaic virus in U.S. filbert germplasm. *Plant Dis*. 71: 944–945.

[49] Postman J.D., Johnson K.B., Maas J.L., Davis R.E. 2001. The 'Oregon Hazelnut Syndrome' and phytoplasma association. *Acta Hort*. 556: 407–410.

[50] Postman J.D., Mehlenbacher S.A. 1994. Apple mosaic virus in hazelnut germplasm. *Acta Hort.* 351: 601–610.

[51] Ragozzino A. 1980. Hazelnut mosaic. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung*. 15: 375–378.

[52] Rebenstorf K., Candresse T., Dulucq M.J., Büttner C., Obermeier C. 2006. Host species-dependent population structure of a pollen-borne plant virus, *Cherry Leaf Roll Virus*. *J. Virology* 80: 2453–2462.

[53] Rebenstorf K., Gentkow J., Obermeier C., Candresse T., Von Bargen S, Büttner C. 2005. Characterization of Cherry leaf roll virus (CLRV) isolates from different host plants. *Phytomedizin* 35: 30–31.

[54] Rovira M., Aramburu J. 1998. Incidence of apple mosaic ilarvirus (ApMV) disease on hazelnut (*Corylus avellana* L.). in Spain, and its effect on yield. *FAO-Nucis-Newsletter* 7: 18–20.

[55] Rovira M., Aramburu J. 2001. Incidence of apple mosaic ilarvirus (ApMV) disease in Catalonia (Spain) and its effect on 'Negret' hazelnut. *Acta Hort*. 556: 509–512.

[56] Rowhani A., Mircetich S.M. 1988. Pathogenicity on walnut and serological comparisons of cherry leafroll virus strains. *Phytopathol.* 78: 817–820.

[57] Rowhani A., Mircetich S.M., Shepherd R.J., Cucuzza J.D. 1985. Serological detection of cherry leafroll virus in english walnut trees. *Phytopathology* 75: 48–52.

[58] Rybicki E.P. 1995. The Bromoviridae. W: F.A. Murphy, C. Fauquet, D.H.L. Bishop, S.A. Ghabrial, A.W. Jarvis, G.P. Martelli, M.A. Mayo, M.D. Summers (red.). Virus Taxonomy, Sixth Report of the International Committee on Taxonomy on Viruses, Vienna and New York: Springer Verlag: 450–457 ss.

[59] Ryu K.H., Park W.M. 1995. Rapid detection and identification of odontoglosum ringspot virus by polymerase chain reaction amplification. *FEMS Microbiol. Lett*. 133: 265–269.

[60] Sanchez-Navarro J.A., Aparicio F., Herranz M., Minafra C., Myrta A.A., Pallás V. 2005. Simultaneous detection and identification of eight stone fruit viruses by one-step RT-PCR. *Eur. J. Plant Pathol.* 111: 77–84.

[61] Sanchez-Navarro J.A., Pallás V. 1994. Nucleotide sequence of apple mosaic ilarvirus RNA 4. *J. Gen. Virol*. 75: 1441–1445.

[62] Scott N.W., Cooper J.I., Edwards M.L. 1993. The identification, cloning, and sequence analysis of the coat protein coding region of a birch isolate (I2) of cherry leaf roll nepovirus. *Arch. Virol.* 131: 209–215.

[63] Seemüller E. 1989. Mykoplasmen als Ursache von Gehölzkrankheiten in Europa. *Forum Mikrobiologie* 12: 144–151.

[64] Shiel P.J., Alrefai R.H., Domier L.L., Korban S.S., Berger P.H. 1995. The complete nucleotide sequence of apple mosaic virus RNA-3. *Arch. Virol.* 140: 1247–1256.

[65] Shiel P.J., Berger P.H. 2000. The complete nucleotide sequence of apple mosaic virus (ApMV) RNA 1 and RNA 2: ApMV is more closely related to alfalfa mosaic virus than to other ilarviruses. *J. Gen. Virol*. 81: 273–278.

[66] Sweet J.B., Barbara D.J. 1979. A yellow mosaic disease of horse chestnut caused by *Apple mosaic virus*. *Ann. Appl. Biol.* 92: 335–341.

[67] Tzanetakis I.E., Martin R.R. 2005. First report of strawberry as a natural host of *Apple mosaic virus*. *Plant Disease* 89: 431.

[68] Wang S., Gergerich R.C., Wickizer S.L., Kim K.S. 2002. Localization of transmissible and non-transmissible viruses in the vector nematode *Xiphinema americanum*. *Phytopathol.* 92: 646–653.

[69] Werner R., Mülbach H.P., Büttnet C. 1997. Detection of cherry leaf roll nepovirus (CLRV) in birch, beech and petunia by immunocapture RT-PCR using a conserved primer pair. *Eur. J. Forest Pathol.* 27: 309–318.

[70] Yardimei N., Çevik B., Eryigit H. 2008. Detection of *Apple mosaic virus* on apple cultivars growing in South-West Turkey by ELISA and RT-PCR Method. *Acta Hort.* 781: 561–565.

[71] Zhou Y., Civerolo E.L., Melvin J.A. 1998. Comparative nucleotide sequences of the coat protein-encoding region of the genomes of cherry leafroll virus strains infecting walnut. *Acta Hort.* 472: 321–329.

Viruses and phytoplasmas of walnut and hazelnut

Key words: walnut, hazelnut, virus, phytoplasma, taxonomy, occurrence, detection

Summary

Paper presents the research on *Cherry leaf roll virus* in walnut and *Apple mosaic virus*, and phytoplasmas in hazelnut. Occurrence and economic importance, symptoms, host range, transmission, methods of detection and identification, diversity of the isolates, and control of these pathogens were presented on the base of reviewed literature.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 133–149

Selekcja genomowa – nowe narzędzie w doskonaleniu zwierząt

Tomasz Strabel
Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Wołyńska 33, 60-637 Poznań
e-mail: strabel@jay.up.poznan.pl

Słowa kluczowe: dokładność oceny, odstęp międzypokoleniowy, program hodowlany, selekcja genomowa, wartość hodowlana

Doskonalenie zwierząt gospodarskich, wykorzystujące zasady genetyki ilościowej, przyniosło na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat niekwestionowaną zmianę, w zdecydowanej większości ogromną poprawę wielu cech. U jej źródeł leżą podstawowe metody hodowlane, takie jak selekcja czy dobór, które odpowiednio ukierunkowane i realizowane, tworzą zręby programów hodowlanych. Ich zadaniem jest przede wszystkim maksymalizowanie postępu genetycznego, przy zachowaniu, w miarę możliwości, zmienności genetycznej, mierzonej najczęściej poziomem inbredu. Ze względu m.in. na biologię gatunku i zakres doskonalonych cech, programy hodowlane poszczególnych ras zwierząt różnią się. Mimo to, łączy je szereg wspólnych elementów, które na przestrzeni ostatnich lat pozostawały niezmienne. Dotyczy to przede wszystkim źródeł informacji leżących u podstaw podejmowanych decyzji hodowlanych. Do źródeł tych należą: fenotypowa obserwacja dokonywana na zwierzętach oraz informacja rodowodowa. W najprostszym wariancie, przy tak zwanej selekcji masowej, decyzja selekcyjna podejmowana jest na podstawie fenotypu kandydata. Taka strategia doskonalenia populacji jest zwykle tania w realizacji i generalnie nie przyczynia się do szybkiego tempa przyrostu inbredu. Choć dla cech o wysokiej odziedziczalności potrafi ona przynosić wymierne korzyści to jednak w praktyce istnieją liczne ograniczenia wykorzystania tej metody. Nie wszystkie cechy objawiają się u zwierząt obu płci, do tego większość cech o dużym znaczeniu gospodarczym charakteryzuje się, co najwyżej, umiarkowaną odziedziczalnością. W takiej sytuacji z pomocą przychodzi teoria indeksu selekcyjnego, której zastosowanie przynosi wymierne korzyści w zakresie zwiększenia dokładności oceny zwierząt. Najbardziej wyrafinowaną aplikacją tej teorii, znaną od lat i skutecznie stosowaną w praktyce, jest metoda BLUP w połączeniu z modelem zwierzęcia. Umożliwia

ona wszechstronne wykorzystanie informacji rodzinowej o ocenianym zwierzęciu oraz eliminację wpływu czynników pozagenetycznych mających wpływ na analizowane cechy [14]. Choć liczba ocenianych cech u zwierząt poszczególnych ras zwiększa się, a same modele oceny są rozwijane, umożliwiając coraz dokładniejsze szacowanie zbiorczej wartości hodowlanej, to jednak sama koncepcja oceny w praktyce niewiele się zmieniła. Niezmiennie podstawę stanowią obserwacje dokonywane bezpośrednio na rodzicach osobnika (stosunkowo szybko dostępne, ale prowadzące do wartości hodowlanej o stosunkowo niskiej dokładności), na nim samym lub jego krewnych bocznych (dostępne nieco później, dające dokładniejsze wartości hodowlane, ale nadal o stosunkowo niskiej dokładności, zwłaszcza przy niskiej odziedziczalności) i ewentualnie na potomstwie kandydata (na nich ocena wartości hodowlanej jest najdokładniejsza, ale wydłuża odstęp między pokoleniami i do tego jest bardzo kosztowna). W takiej sytuacji optymalizacja programów hodowlanych polega na odpowiednim operowaniu źródłami informacji i ostrością selekcji na najważniejszych ścieżkach, na których realizowany jest postęp, u bydła ojciec-syn, matka-syn oraz ojciec-córka, w czym pomagają takie programy symulacyjne jak np. SelAction [31].

Barierę w zwiększaniu uzyskiwanego w programach hodowlanych postępu genetycznego, zwłaszcza w przeliczeniu na jednostkę czasu, stanowi ryzyko wzrostu inbredu. Wzrost spokrewnienia zwierząt, będący naturalną konsekwencją doskonalenia populacji, prowadzi wprost do zwiększenia homozygotyczności i wynikających z niej strat z tytułu depresji inbredowej, a także do negatywnych konsekwencji w przypadku rozprzestrzeniania się wad genetycznych. Wprowadzenie metody BLUP z modelem zwierzęcia, choć z jednej strony zwiększyło dokładność oceny zwierząt to jednak z drugiej, przyczyniło się do zwiększenia tempa przyrostu inbredu. Selekcja oparta na wartości hodowlanej obliczonej metodą BLUP maksymalizuje postęp w krótkim okresie, jednak nie uwzględnia strat, jakie występują na skutek wzrostu inbredu. Prawdopodobieństwo wyselekcjonowania spokrewnionych osobników jest w przypadku selekcji wykorzystującej BLUP wyższe, aniżeli w przypadku selekcji masowej zwłaszcza dla cech niskoodziedziczalnych. Dochodzi do sytuacji, w której potencjalny wpływ osobnika na przyrost inbredu w populacji staje się w praktyce kryterium selekcyjnym równorzędnym do jego wartości hodowlanej [26]. Wzrasta przez to znaczenie doboru, które bywa realizowane jednocześnie z selekcją, np. w formie selekcji par (mate selection) jak to przedstawili Kinghorn i Shepherd [15]. Maksymalizację postępu przy założeniu ograniczonego poziomu inbredu można uzyskać korzystając z metody, zaproponowanej przez Meuwissena [20] optymalizującej udział przodków w puli genów populacji.

Poza różnicami związanymi ze sposobem zwiększania uzyskiwanego postępu genetycznego oraz ograniczania tempa przyrostu inbredu programy hodowlane różnią się także kosztami ich realizacji. W przypadku bydła mlecznego ocena jednego buhaja kosztuje około 50 000 USD, co wynika z konieczności zebrania obserwacji fenotypowych jego córek. Alternatywę wobec oceny na córkach miały stanowić tzw.

programy MOET, polegające na ocenie buhajów na podstawie krewnych bocznych lub przodków, licznych dzięki intensywnemu stosowaniu owulacji mnogiej i przenoszeniu zarodków [39]. W praktyce jednak nie sprawdziły się i napotkały na opór hodowców. Nie udało się zwiększyć postępu genetycznego poprzez zmniejszenie odstępu między pokoleniami. Mimo to postęp genetyczny intensywnie doskonalonych cech jest imponujący, zwłaszcza na przestrzeni ostatnich 20–30 lat. Przyczyniło się do tego powszechne stosowanie metody BLUP z modelem zwierzęcia oraz coraz skuteczniejsze realizowanie programów hodowlanych dzięki m.in. doskonaleniu warunków utrzymania, aplikacji nowych technologii i coraz większej wiedzy hodowców. Ponieważ hodowla zwierząt, to w praktyce działanie komercyjne, towarzyszy jej stale chęć zwiększania uzyskiwanych przychodów i ograniczania kosztów. Wydaje się, że dalsza optymalizacja programów hodowlanych, bez pozyskania nowego źródła informacji do wykorzystania w selekcji i doborze, jest już bardzo mocno ograniczona.

Nadzieję na uzyskanie nowego źródła informacji pokładano w osiągnięciach genetyki molekularnej. Decyzje selekcyjne wspomagane informacjami o markerach cech ilościowych (**m**arker **a**ssisted **s**election – MAS) miały przynieść korzyści szczególnie w doskonaleniu cech obserwowanych tylko u jednej z płci, objawiających się w późniejszym okresie życia, wymagających dokonywania inwazyjnych bądź trudnych pomiarów, jak w przypadku chorób, a także cech mierzonych poubojowo. Szczególnie duże nadzieje związane z MAS dotyczyły gatunków charakteryzujących się długim odstępem między pokoleniami, gdzie system oceny (np. na potomstwie) jest kosztowny, oraz doskonalenia cech niskoodziedziczalnych, jak odporność na choroby i płodność [7, 10]. Poszukiwanie loci cech ilościowych (**q**uantitative **t**rait **l**oci – QTL), mimo że pochłonęło ogromne środki, jak na razie nie przyniosło spodziewanych rezultatów, a selekcja z udziałem markerów nie spełniła pokładanych w niej oczekiwań. Lista dostępnych testów molekularnych jest dość ograniczona, a zysk w postaci zwiększonego postępu genetycznego z tytułu ich wykorzystania stosunkowo niewielki [7, 22]. Jednym z przykładów nielicznych wdrożeń może być uruchomiony w 2001 roku francuski projekt doskonalenia bydła mlecznego. Wykorzystuje się w nim 45 markerów 14 QTL, głównie cech produkcyjnych [11]. Praktyczne ograniczenia wynikające z liczby wykorzystywanych markerów (QTL) i stosunkowo niewiele zwiększającej się przez to dokładności oceny sprawiają, że metoda pozwala jedynie na selekcję wstępną młodych buhajów. Chociaż dzięki wykorzystaniu informacji markerowej wzrastają dokładności indeksów rodzinowych, to jednak są wciąż na tyle niskie, że nie ma możliwości zrezygnowania z kosztownego testowania na potomstwie. Na obecnym etapie MAS tłumaczy zbyt małą część zmienności genetycznej, by było to możliwe ponieważ wysycenie genomu markerami jest niewystarczające.

Selekcja genomowa – założenia

Istniejące bariery ograniczające dalsze doskonalenie programów hodowlanych i obniżenie kosztów ich realizacji mogą zostać przełamane z pomocą postępu w badaniach zmienności samego kodu DNA ocenianych osobników. Początkowo markerów szukano na poziomie genów (np. białka mleka), a następnie we fragmentach mikrosatelitarnych. Przydatność tych markerów okazała się bardzo mała co skutecznie ogranicza ich praktyczne zastosowanie (przykładowo [2]). Jednak obecnie dysponujemy bardzo licznymi markerami na poziomie polimorfizmu podstawień jednonukleotydowych (**s**ingle **n**ucleotide **p**olymorphism – SNP); mogą one wręcz stanowić fragmenty genów. Meuwissen i in. [21] zaproponowali tzw. selekcję genomową, która opiera się na założeniu, że markery (SNP), nie będące w równowadze sprzężeń z QTL (czyli takie, których frekwencja jest zależna od frekwencji QTL, na które wskazują), pokrywają cały genom, a tym samym opisują niemal całą zmienność genetyczną. Szansę na urzeczywistnienie tej koncepcji dają tzw. mikromacierze, które pozwalają na stosunkowo tanie genotypowanie osobników w 50–500 tysiącach miejsc genomu [27]. Po zgenotypowaniu zwierząt o znanej wartości użytkowej lub hodowlanej, konieczne jest przypisanie (ang. training) poszczególnym SNP lub ich haplotypom przypadającej na nie części wartości hodowlanej pod względem ocenianej cechy. Odbywa się to za pomocą tzw. równań predykcji. Ocena wartości hodowlanej sprowadza się do prostego zsumowania wpływów QTL przypadających na poszczególne SNP lub ich haplotypy charakteryzujące genom konkretnego osobnika. Tak więc, postępy genetyki molekularnej dają obecnie genetykom ilościowym dodatkowe, obok informacji fenotypowej i rodowodowej, źródło informacji do podejmowania decyzji selekcyjnych.

Niezwykle istotna jest możliwość genotypowania zwierząt w ich wczesnym okresie życia, nawet w okresie płodowym. Przez to ocena wartości hodowlanej na podstawie polimorfizmu podstawień jednonukleotydowych i jej wykorzystanie w selekcji daje możliwość skrócenia odstępu między pokoleniami (przez wcześniejsze rozpoczęcie użytkowania rozpłodowego osobnika) przy zachowaniu zadowalającej dokładności oceny. Dzięki temu przy selekcji genomowej postęp genetyczny na jednostkę czasu może się nawet podwoić w stosunku do selekcji klasycznej opartej na użytkowości córek buhajów, na co wskazał Schaeffer [32]. Dodatkowo, autor ten zauważył, że w takim przypadku drogą ocenę na podstawie potomstwa (50 000 USD) zastępuje tanie genotypowanie (500 USD), przez co koszt oceny spada o 92%.

Atrakcyjność programów hodowlanych opartych na selekcji genomowej wynika także z możliwości wykorzystania zmienności mendlowskiej, mierzonej na poziomie DNA. Dzięki macierzom SNP będzie można zróżnicować oszacowania wartości hodowlanej zwierząt z grupy pełnego rodzeństwa bez czekania na ich użytkowość lub użytkowość ich potomstwa. Dotychczas, wybór młodych zwierząt, bez zmierzonej użytkowości, na kandydatów do selekcji odbywał się na podstawie tzw. indeksu

rodzicielskiego (rodzinowego), który zakładał, że wartość hodowlana osobnika jest równa połowie sumy wartości hodowlanej ojca i matki. Tym samym ignorowano zmienność wynikającą z losowej segregacji genów w obrębie pełnego rodzeństwa. W przypadku tradycyjnej selekcji wszystkim osobnikom z grupy pełnego rodzeństwa przypisywano taką samą wartość indeksu rodzicielskiego. Wysoka wartość hodowlana indeksu rodzicielskiego powoduje jednakowe zainteresowanie hodowców każdym członkiem danej rodziny; są chętnie wykorzystywani w rozrodzie, co przyczynia się do zwiększenia spokrewnienia w kolejnym pokoleniu. Nie ma to miejsca w przypadku selekcji genomowej – znamy bowiem rzeczywiste warianty układów SNP, jakie otrzymał każdy kandydat do selekcji od rodziców. Tym samym, zwierzęta z grupy pełnego rodzeństwa nie mają już takich samych szans uczestniczenia w rozrodzie. Z tego tytułu płynie dwojaka korzyść: spada znaczenie informacji rodzinowej, przez co szansa na jednoczesną selekcję spokrewnionych ze sobą osobników maleje oraz dochodzi do wykorzystania w selekcji dodatkowej zmienności – zmienności mendlowskiej, która, odbudowywana w każdym pokoleniu, pozwala na czerpanie dodatkowych zysków wynikających z selekcji [5].

Ograniczanie selekcji spokrewnionych osobników ma kluczowe znaczenie w kontrolowaniu wzrostu inbredu. Zagrożenie nadmiernym przyrostem inbredu występuje szczególnie w przypadku stosowania selekcji opartej na ocenach wartości hodowlanych liczonych metodą BLUP/model zwierzęcia w doskonaleniu cech niskoodziedziczalnych. Przyjmuje się, że tempo przyrostu inbredu w przypadku selekcji genomowej jest takie samo jak w przypadku selekcji masowej czy opartej na BLUP, przy odziedziczalności wynoszącej 100% [5]. Szanse na zmniejszenie inbredu przy selekcji genomowej w stosunku do tradycyjnej selekcji opartej na BLUP potwierdzili Pedersen i in. [28]. W swoich badaniach symulacyjnych wykazali, że zarówno strategia wykorzystująca pojedyncze markery do wsparcia selekcji tradycyjnej, jak i stosowanie genomowej wartości hodowlanej redukują przyrost inbredu, zarówno ten obliczany na podstawie rodowodów (11–24%), jak i ten rzeczywisty w znanych QTL (13–22%). Także Sonesson i Meuwissen [38] zauważyli, analizując strategie doskonalenia ryb z wykorzystaniem selekcji genomowej, że przyrost inbredu jest o 81% mniejszy w przypadku selekcji genomowej w porównaniu z programami opartymi na BLUP. Autorzy przypuszczali, że źródła tego spadku należy szukać w selekcji w ramach rodzin, możliwej dzięki znajomości genotypów pozwalających na rozróżnienie ich wartości genetycznej przy braku ich obserwacji fenotypowych. W praktyce należy się także spodziewać, że korzyści z selekcji genomowej spowodują zainteresowanie genotypowaniem samic przez co zwiększy się dokładność ich oceny. Gdy liczba genotypowanych samic będzie duża ułatwi to znajdowanie wartościowych zwierząt słabiej spokrewnionych z populacją. Pozwoli to na zwiększenie roli samic, przez co dodatkowo może dojść do spowolnienia tempa wzrostu inbredu.

Selekcja genomowa stwarza również szansę na ulepszanie bardziej złożonych programów hodowlanych. Dekkers [8] wskazał, że selekcja wspomagana markerami,

oparta na założeniach selekcji genomowej, może pomóc ograniczyć inbred w programach zawierających w sobie etap krzyżowania towarowego. W przeprowadzonych badaniach symulacyjnych autor wykazał, że nowa technologia ułatwia doskonalenie użytkowości mieszańców ocenianych na podstawie informacji o rasach wyjściowych. Ograniczenie w tego typu programach stanowi, między innymi, trudność prowadzenia kontroli użytkowości osobników pochodzących z krzyżowania towarowego utrzymywanych w warunkach przemysłowych. Dekkers [8] wykazał, że do uzyskania zwiększonej reakcji na selekcję u mieszańców wystarczy pozyskanie użytkowości grupy zgenotypowanych mieszańców w celu oceny specyficznych wpływów czystorasowych. Z kolei Piyasatian i in. [29] wskazali na przydatność selekcji genomowej do optymalizacji programów hodowlanych opartych na krzyżowaniu linii zinbredowanych. De Roos i in. [6] porównywali stopień niezrównoważenia sprzężeń między rasami bydła mlecznego i stwierdzili, że dla tych samych markerów zależy on od odległości genetycznej między rasami. W praktyce oznacza to, że wykorzystanie zależności SNP-QTL określonych w jednej rasie jest nieefektywne w selekcji osobników z innych ras tego samego gatunku.

Konsekwencje wdrożenia selekcji genomowej

Trudno przecenić teoretyczne zalety selekcji genomowej, takie jak możliwość skrócenia odstępu między pokoleniami, zwiększenia postępu genetycznego, obniżenia kosztów realizacji programu hodowlanego i tempa przyrostu inbredu. Należy jednak zauważyć, że urzeczywistnienie tej koncepcji, w postaci zmiany systemu oceny i selekcji, może dotyczyć całej organizacji hodowli. O ile w tradycyjnej ocenie właścicielem wyników kontroli użytkowości i samych wyników oceny wartości hodowlanej pozostawali sami hodowcy, o tyle sytuacja ta może się zmienić wraz z wprowadzeniem selekcji genomowej. Wynika to przede wszystkim z faktu, że najbardziej zainteresowane wprowadzeniem nowej metody są jednostki odpowiedzialne za prowadzenie testowania i selekcji zwierząt. W przypadku bydła mlecznego są to hodowlane firmy inseminacyjne. Z tego względu istnieje ryzyko, że jeśli koszty inwestycji w nową technologię (zarówno genotypowanie jak i dopracowanie samej metodyki obliczania genomowej wartości hodowlanej) poniosą podmioty prywatne, to wyniki oceny genomowej pozostaną ich własnością przez co przestaną być dostępne dla wszystkich hodowców. Co więcej, do obliczenia genomowej wartości hodowlanej nie będzie potrzebna populacja aktywna o dużych rozmiarach, a jedynie tzw. populacja referencyjna; jak się dziś zakłada, licząca raczej kilka lub kilkanaście tysięcy zwierząt, a nie kilkaset tysięcy czy kilka milionów, jak obecnie. W konsekwencji rola związków hodowców czy organizacji hodowlanych zajmujących się prowadzeniem ksiąg hodowlanych, a także podmiotów wykonujących rutynową ocenę wartości hodowlanej może ulec marginalizacji. Relatywnie niskie koszty prowadzenia populacji referencyjnych mogą spowodować, że na rynku hodowlanym

pojawią się nowe jednostki, zamierzające konkurować z dotychczasowymi organizacjami czy przedsiębiorstwami. Jak spekulują Goddard i Hayes [10], może dojść wręcz do sytuacji, że hodowcy będą otrzymywać wynagrodzenie za to, że zgodzą się na utrzymywanie zwierząt stanowiących populacje referencyjne. Jeśli zwierzęta te będą utrzymywane w warunkach produkcyjnych może to zaowocować dodatkowymi korzyściami polegającymi na wyeliminowaniu ewentualnej interakcji genotyp-środowisko. Nie należy się jednak spodziewać, aby relacje SNP-QTL w populacjach referencyjnych danego kraju czy regionu mogły być wprost wykorzystane do określania wartości hodowlanej zwierząt utrzymywanych w innych warunkach, w innym kraju. Będzie to zatem, przynajmniej przez jakiś czas, stanowić barierę dla ekspansji tych firm, które wdrożą jako pierwsze technologię selekcji genomowej. Z drugiej jednak strony, jeśli tylko posiądą one informacje pozwalające na oszacowanie wpływów genetycznych związanych z polimorfizmem SNP ocenianych zwierząt zgodnie z modelem normy reakcji (np. Pszczoła i in. [30]), będą w stanie dla jednego osobnika wyliczyć wiele wartości hodowlanych, w zależności od tego, do jakiego środowiska miałoby ono trafić. Występowanie interakcji genotyp-środowisko może z jednej strony działać na rzecz zwiększenia efektywnej wielkości światowej populacji danej rasy, natomiast z drugiej zachęcić do zdobywania przez firmy hodowlane (kraje) nawet odległych rynków, jeśli tylko dostępne będą odpowiednie narzędzia hodowlane czerpiące korzyści z informacji genomowej. Dysponując odpowiednią wiedzą i liczbą zwierząt, teoretycznie można będzie przenosić ocenione zwierzęta w środowiska najbardziej sprzyjające ich możliwościom produkcyjnym. Tym samym interakcja genotyp-środowisko, jak dotąd stanowiąca pewną barierę w międzynarodowym obrocie zwierząt, może stać się dodatkową szansą dla krajów prowadzących selekcję genomową. Osobniki nie spełniające odpowiednich kryteriów selekcyjnych w danym kraju mogą się bowiem okazać wartościowe dla innego środowiska czy celu hodowlanego.

Rola organizacji zajmujących się międzynarodową oceną zwierząt, takich jak Interbull dla bydła mlecznego, może ulec całkowitej zmianie. Jeśli kraje prowadzące selekcję genomową nie zdecydują się na udostępnienie informacji dotyczących opracowanych dla danego kraju równań predykcji (zależności SNP-QTL) to dotychczasowa metoda międzynarodowej oceny, opierająca się wyłącznie na informacjach rodowodowych i fenotypach córek buhajów, straci na wartości. Przypuszcza się, że tylko dla małych populacji, dla których wdrożenie selekcji genomowej może być organizacyjnie i finansowo zbyt dużym problemem, dotychczasowa rola Interbullu może zostać zachowana.

Inne korzyści, jakie mogą płynąć z wdrożenia oceny genomowej, to możliwość dokładniejszego przewidywania wartości fenotypu zwierząt na podstawie jego informacji markerowej, a także możliwość określenia rodowodu osobnika, w sytuacji gdy nie ma informacji o pochodzeniu [10], a także możliwość łatwej i stosunkowo taniej identyfikacji oraz śledzenia zwierząt i produktów pochodzenia zwierzęcego na pod-

stawie markerów [44]. Narzędzia wykorzystywane w selekcji genomowej pozwalają na przewidzenie genotypu przyszłego zwierzęcia, co może mieć znaczenie nie tylko dla przyszłej wartości hodowlanej osobnika, ale także oceny jego wsobności. Z tego względu wraz z wprowadzeniem selekcji genomowej należy się spodziewać wzrostu znaczenia programów do kojarzeń. Pozwolą one na lepsze wykorzystanie zmienności nieaddytywnej – dominacyjnej i epistatycznej [45], jak dotąd mającej ograniczone znaczenie w praktyce hodowlanej, na co wskazywali już Misztal i in. [24].

Problemy selekcji genomowej

Jak wynika z przedstawionych teoretycznych założeń, selekcja genomowa może być narzędziem zwiększającym efektywność programów hodowlanych pod kątem uzyskiwanego postępu genetycznego, zachowania zmienności genetycznej i kosztów realizacji. Jej wdrożenie wiąże się wszakże z koniecznością rozwiązania szeregu problemów od czysto metodycznych, związanych z szacowaniem wpływów QTL i obliczaniem wartości hodowlanej po psychologiczne, związane z akceptacją nowej technologii przez hodowców.

O ile genotypowanie i sumowanie wpływów QTL jest sprawą prostą, to oszacowanie tych wpływów nastręcza sporo problemów. Wynika to przede wszystkim z faktu, że liczba aktualnie możliwych do genotypowania miejsc polimorficznych DNA (ponad 500 000) znacznie przewyższa prawdopodobną liczbę QTL kształtujących ważne ekonomicznie cechy. Przyjmuje się, że większość QTL ma bardzo niewielki, stąd trudny do oszacowania wpływ [13]. Meuwissen i in. [21] wskazywali, że łatwiej dokładniej oszacować wpływ poszczególnych QTL analizując zbiorczo fragmenty kodu DNA – haplotypy. Jednak nie wszystkie badania są zgodne, co do efektów takiego podejścia, wymagającego znacznie bardziej złożonych obliczeń [35]. Znaczenie roli haplotypów w analizie genomu z zastosowaniem odpowiednich narzędzi statystycznych przedstawia Schaid [34]. Bez względu na to, czy analizowane są wpływy związane z pojedynczymi SNP czy haplotypami, ich liczba stanowi wyzwanie dla metod statystycznych wykorzystywanych do analizy. Ponieważ mikromacierz obejmuje tak wiele miejsc polimorficznych (np. wspomniane >50 000), a większość z nich nie wpływa na zmienność doskonalonej cechy, główne wysiłki związane z analizą statystyczną zmierzają do wyeliminowania z analizy loci niemających wpływu na cechę [19]. Ponadto prowadzi się badania nad odpowiednim modelowaniem wpływów loci [21] w tym nad zastosowaniem do oceny związków między markerami a użytkowością modeli regresyjnych [9 i 12]. Proponuje się także podejście oparte na ‘tradycyjnym’ układzie równań mieszanych [21 i 35]. Legarra i Misztal [17] przeanalizowali kilka metod rozwiązywania układu równań mieszanych na rzeczywistych wynikach genotypowania myszy. Analiza dotyczyła informacji na temat ponad 10 tysięcy markerów u blisko 2 tysięcy osobników, u których prowadzono obserwacje dotyczące masy ciała i wzrostu. W takiej sytuacji każda ze

stosunkowo nielicznych obserwacji jest opisywania za pomocą tysięcy markerów. Stwarza to sytuację odmienną aniżeli w tradycyjnej ocenie wartości hodowlanej, gdzie poszczególne poziomy, np. efektu stada, opisują zwykle mało liczne grupy osobników z obserwacjami. W związku z tym przy tworzeniu równań predykcji powstaje układ składający się nie z macierzy rzadkich, jak w przypadku klasycznych danych, ale z macierzy gęstych. Porównano kilka technik służących do rozwiązania takiego układu, z których najefektywniejsza okazała się metoda gradientów sprzężonych, metoda iteracyjna doskonale sprawdzająca się do rozwiązywania układu równań liniowych z rzadką macierzą [17]. Ciekawym sposobem wykorzystania informacji genomowej jest określanie rzeczywistego spokrewnienia między zwierzętami i dalej stosowanie tradycyjnej metody BLUP [23].

Trudno w tej chwili ocenić na ile założenia selekcji genomowej, weryfikowane pozytywnie w licznych badaniach symulacyjnych, sprawdzą się w praktyce hodowlanej. Wiele zależy od tego na ile uda się zmienność genetyczną opisać za pomocą map markerów SNP. Obecnie znane są ponad 2 miliony SNP i chociaż tylko ponad 50 tysięcy można obecnie łatwo i tanio genotypować, to wiadomo iż prowadzone są badania nad zwiększeniem tej liczby [41]. Mapy markerowe stają się coraz bardziej gęste ze względu na rozwój technik dostarczających informacji na temat potencjalnych polimorfizmów. Jak zauważają Goddard i Hayes [10] w badaniach symulacyjnych zakłada się mniejszą wielkość genomu (10 Morganów) aniżeli rzeczywista (dla bydła 30 Morganów) oraz mniejszą liczbę segregujących QTL, co może prowadzić do łatwiejszego szacowania ich wpływów w analizach symulacyjnych, w porównaniu do rzeczywistości. Trudno także ocenić liczbę faktycznych QTL warunkujących szereg interesujących hodowców cech, zwłaszcza QTL o bardzo małym, niezwykle trudnym do uchwycenia wpływie [13].

Co więcej, liczba genów mających wpływ na poszczególne cechy ilościowe nie jest stała, co rodzi konieczność powtarzania etapu estymacji wpływów (training). Oznacza to konieczność ciągłego genotypowania zwierząt i zbierania informacji umożliwiających ich powiązanie z użytkowością. Sonesson i in. [38] wykazali, że oszacowane na postawie określonej populacji wpływy QTL nie pozwalają na precyzyjną ocenę wartości hodowlanej osobników w wielu kolejnych, następujących po sobie pokoleniach – dokładność oceny drastycznie spada zaraz po zaprzestaniu wykorzystywania informacji fenotypowej z kolejnych pokoleń. Wiadomo, że zarówno warunki środowiskowe, jak i cechy, zmieniają się w czasie. Zatem zaniechanie procesu ponownego szacowania wpływów pojedynczych SNP może spowodować, że w dłuższej perspektywie postęp genetyczny uzyskiwany na drodze selekcji genomowej okaże się niższy od tego, który uzyskano by stosując selekcję opartą na tradycyjnych metodach oceny wartości hodowlanej. Ciągła ocena relacji SNP-QTL może ponadto zmniejszyć tempo przyrostu inbredu w przeliczeniu na pokolenie, w porównaniu z tradycyjną selekcją. Będzie to wynikać ze znajdowania nowych markerów powiązanych z cechą, co z kolei może prowadzić do uwzględnienia w selekcji nowych grup zwierząt.

Trudności w zastosowaniu selekcji genomowej wiążą się także z koniecznością weryfikacji oszacowanych wpływów QTL. W praktyce najczęściej stosuje się do tego tzw. metodę walidacji krzyżowej [18, 37] polegającą na podziale zgromadzonego materiału (wyniki genotypowania i użytkowości) na dwie części. Podczas gdy jedna z nich służy do szacowania wpływów (tzw. populacja referencyjna), druga pozwala na sprawdzenie na ile uzyskane oszacowania pozwalają na przewidzenie przyszłych obserwacji – tę rolę pełnią pozostałe dane. Stosowanie walidacji krzyżowej w praktyce nie jest trywialne – jak pokazują wyniki uzyskane przez Legarrę i in. [18] metoda podziału obserwacji może mieć istotny wpływ na wyniki testu walidacyjnego. W badaniach Lee i in. [16] pokazano, że im większa jest część populacji, na podstawie której określa się wielkość wpływów, tym przeciętnie uzyskuje się większą dokładność przewidywania fenotypów. Jednakże błąd przewidywania w odniesieniu do pojedynczego osobnika może się zwiększać, gdy mniejsza liczba zwierząt bierze udział w ocenie wyników (walidacji). Dodatkowo metoda walidacji krzyżowej zwiększa wymagania, co do ilości zgromadzonego materiału, ponieważ tylko część dostępnych danych może służyć do szacowania wpływów, co zmniejsza dokładność estymacji. Redukcja liczby dostępnych obserwacji fenotypowych może natomiast ograniczyć dokładność szacowania wpływów związanych z genami reprezentowanymi przez polimorfizmy obecne w mikromacierzy, czyli wiarygodność powiązań między markerami a użytkowością. Dotyczy to zwłaszcza cech niskoodziedziczalnych. Z kolei zmniejszanie populacji referencyjnej niesie ryzyko wystąpienia problemów z powodu interakcji genotyp-środowisko, ze względu na fakt, iż zwierzęta stanowiące taką populację mogą znajdować się w innych w warunkach niż przeciętne dla populacji masowej. Wybór populacji referencyjnej jest ważnym elementem tworzenia programów opartych na selekcji genomowej [3]. Z dotychczasowych badań symulacyjnych wynika jednoznacznie, że dokładność selekcji genomowej wzrasta wraz z liczbą zgenotypowanych osobników, u których można poszukiwać powiązania z dostępnymi informacjami fenotypowymi [25, 38, 43]. Przy stale malejących kosztach genotypowania pojedynczych osobników należy się spodziewać, że liczba genotypowanych zwierząt nie powinna być problemem, przy założeniu, że doskonalona populacja jest odpowiednio duża. Badania symulacyjne pokazują, że wielkość genotypowanej populacji przekłada się na wzrost dokładności genomowej wartości hodowlanej [25]. Przy zwiększeniu z jednego tysiąca do dwóch tysięcy osobników Solberg i in. [36] zaobserwowali wzrost dokładności oceny z 0,77 na 0,84. Dodatkowo należy pamiętać, że większa liczba zgenotypowanych kandydatów do selekcji umożliwia zwiększenie ostrości selekcji, co może mieć znaczenie także w doskonaleniu bydła, gdzie tradycyjnie liczba męskich kandydatów do selekcji (testowanych na potomstwie) jest ograniczana wielkością populacji aktywnej.

Selekcja genomowa a praktyka

Pojawiające się wątpliwości dotyczące niezbędnej liczby genotypowanych SNP, wielkości wpływów QTL koniecznych do oszacowania, fazy sprzężenia QTL-marker SNP, czy wyboru populacji referencyjnej wymagają dalszych badań i sprawdzenia w praktyce. Poprawność pierwotnych założeń weryfikowana jest w badaniach opartych na rzeczywistych danych. Legarra i in. [18], analizując cechy ilościowe u myszy, stwierdził, że informacja na temat wpływów pojedynczych loci, określona na podstawie analizy danych uzyskanych od konkretnych rodzin, tylko w ograniczonym zakresie sprawdzała się przy przewidywaniu fenotypów członków innych rodzin. Z kolei Lee i in. [16] analizując podobną populację genotypowanych myszy stwierdzili, że dla wszystkich badanych cech selekcja genomowa może być bardzo skuteczna nawet, gdy szacowane są wartości hodowlane osobników z innych rodzin niż wykorzystywane do określenia wpływów poszczególnych QTL. Przyczyn tak różniących się wniosków z analizy podobnych eksperymentów, także pod względem wielkości populacji, można upatrywać w odmiennych cechach, zastosowanych różnych metodach eliminacji wpływów niegenetycznych, niejednakowych metodach i modelach oceny oraz zróżnicowanej strukturze analizowanych populacji. W pracy Lee i in. [16] zauważono ponadto dodatkowe korzyści z uwzględnienia wpływów dominacyjnych, podczas gdy w pracy Legarry i in. [18] takie korzyści nie zostały stwierdzone. Zróżnicowanie wyników uzyskiwanych w bardzo zbliżonych badaniach wskazuje na to, jak wiele badanych czynników może mieć jeszcze wpływ na wiarygodność selekcji genomowej. Dalsze, szczegółowe badania są zdecydowanie potrzebne.

Ze względu na szereg praktycznych walorów selekcji genomowej i dużą konkurencję między przodującymi na świecie firmami hodowlanymi ogromne zainteresowanie przerodziło się już we wdrożenia. W styczniu 2009 r. pierwszy raz otwarcie opublikowano wyniki oceny buhajów amerykańskich z uwzględnieniem informacji genomowej, także w odniesieniu do buhajów niemających oceny na potomstwie. Dotychczasowe doświadczenia z selekcją genomową bydła mlecznego nie wskazują jednak na to, by była ona na tyle dokładna, by wyprzeć całkowicie testowanie na potomstwie. W przypadku populacji amerykańskich holsztynów, gdzie zgenotypowano ponad sześć tysięcy osobników pod kątem 40 tysięcy SNP (40k), okazało się, że wzrost dokładności dzięki ocenie genomowej ponad dokładność indeksu rodzicielskiego dla cech produkcyjnych wynosi wprawdzie 20–43%, jednak dla cech funkcjonalnych jest niższy, i choć dla niektórych cech wynosi 21%, to dla łatwości wycieleń ledwie 3%. Z pewnością umożliwi to dokładniejszą selekcję wstępną zwierząt, ale dalsza ocena na potomstwie będzie wciąż niezbędna [42]. Interesujący scenariusz wykorzystywania w praktyce hodowlanej informacji płynących z markerów realizuje Francja. W tym kraju od kilku lat wykorzystuje się w tym celu polimorfizm mikrosatelitarny. Od 2008 roku, znaczenie mikrosatelit spadło na rzecz polimorfizmu podstawień nukleotydowych, identyfikowanych za pomocą mikromacierzy wielkości ponad

50k, na razie w odniesieniu do rejonów, w których wcześniej zidentyfikowano regiony QTL. Obecnie realizowane są badania mające na celu wykorzystanie wszystkich SNP-ów. W Holandii wdrożono selekcję genomową bydła już w 2006 roku, a obecnie trwają przymiarki do jej wprowadzenia u drobiu i trzody. Do genotypowania bydła wykorzystano macierz 60 tysięcy SNP i uzyskano wzrost dokładności oceny względem indeksu rodzicielskiego na poziomie 17% dla cech produkcyjnych, 14% dla typu i budowy i 11% dla liczby komórek somatycznych. W obu przypadkach uwagę zwraca mniejsze zwiększenie dokładności oceny dla cech niskoodziedziczalnych [4]. Pod tym względem całkowicie odmienne wyniki uzyskali Legarra i in. [18], którzy na rzeczywistych danych ze stosunkowo małej eksperymentalnej populacji 2000 myszy, stosując macierz 10 tysięcy SNP, uzyskali większy przyrost dokładności oceny z wykorzystaniem oceny genomowej cech niskoodziedziczalnych. Podobny wniosek dotyczący większych korzyści z wprowadzenia selekcji genomowej do doskonalenia cech niskoodziedziczalnych w badaniach symulacyjnych uzyskali Piyasatian i in. [29]. Z tego względu Solberg i in. [35], w przypadku cech niskoodziedziczalnych, sugerują zwiększenie liczby fenotypów (zwierząt), na podstawie których szacowane są wpływy QTL. Z kolei w Australii zgenotypowano 4500 buhajów rasy holsztyńskiej i jersey wykorzystując macierz z 50 tysiącami SNP. Wyniki badań wskazują na znaczący wzrost dokładności oceny genomowej względem indeksu rodzicielskiego – w odniesieniu do cech takich jak produkcja mleka, masa ciała, płodność, liczba komórek somatycznych i długowieczność dokładność wzrosła z 34% do 67%, natomiast dla cech liniowych typu i budowy z 31% do 40–50%. Takie obiecujące wyniki skłoniły Australijczyków do modyfikacji programu hodowlanego – nasienie 2-letnich buhajów, ocenionych na podstawie genomowej wartości hodowlanej, będzie dostępne na rynku. W następnym kroku ograniczeniu ma ulec część programu hodowlanego dotycząca testowania na potomstwie. Genotypowanie tysięcy młodych buhajków ma umożliwić skuteczną selekcję wstępną tak, by możliwe było ograniczenie liczby testowanych na potomstwie buhajów do ok. 100–150.

Wobec aktualnego stanu wiedzy trudno przewidzieć, czy i kiedy selekcja genomowa całkowicie zastąpi tradycyjną. Wstępne wyniki dotychczasowych badań pokazują, że selekcja wstępna kandydatów do testowania na potomstwie może także być interesująca z ekonomicznego i genetycznego punktu widzenia. Potwierdzają to wyniki symulacji różnych strategii wdrażania selekcji genomowej przeprowadzone przez Schaeffera [33]. W badaniach, które odzwierciedlały kanadyjską populację holsztynów przyjęto perspektywę 55 lat oraz założono, że dokładność oceny genomowej waha się między 0,4 a 0,8. Analizowano trzy strategie: A – genomowa wartość hodowlana jest wykorzystywana wyłącznie do selekcji wstępnej buhajów dalej testowanych na potomstwie, B – selekcja genomowa całkowicie zastępuje tradycyjną ocenę i selekcję, C – wariant mieszany/przejściowy, w którym stopniowo redukuje się liczbę buhajów testowanych na potomstwie, aż do całkowitego przejścia na selekcję genomową. W każdym z wariantów uzyskano wyższy postęp genetyczny w stosunku

do tradycyjnego, przy czym największy wzrost zaobserwowano w wariancie B (dwukrotny) w stosunku do selekcji tradycyjnej. Ten wariant okazał się także najtańszy – redukcja kosztów do 64% obecnych. Pośrednie wyniki postępu genetycznego i redukcji kosztów dał naturalnie wariant C – bardziej realny, gdy uwzględnić przywiązanie hodowców do bardzo dokładnej oceny buhajów na podstawie potomstwa. Jeśli wdrażanie selekcji genomowej miałoby się odbywać etapowo, oznaczałoby to, że w okresie przejściowym jej praktyczna przydatność osiągałaby poziom przewidywany dla początkowych podejść MAS, w których informacje uzyskiwane z markerów służyć miały do wzbogacenia ocen uzyskiwanych metodą BLUP obliczanych na podstawie tradycyjnych źródeł informacji o użytkowości osobników.

Podsumowanie

Możliwość łatwego i taniego genotypowania zwierząt na poziomie podstawień jednonukleotydowych przyczyniła się do utworzenia nowego narzędzia wykorzystywanego w doskonaleniu zwierząt. Narzędzia wciąż jeszcze niedoskonałego, ale mogącego zrewolucjonizować proces oceny zwierząt. Nowe źródło informacji może spowodować nie tylko zmianę sposobu oceny zwierząt, ale zachwiać podstawami organizacji dotychczasowych programów hodowlanych. Tradycyjne, rozbudowane systemy kontroli użytkowości i głębokie rodowody wyznaczające spokrewnienie zwierząt mogą zostać uzupełnione, a z czasem może i zastąpione, przez informacje molekularne. Nie można także wykluczyć, że kontrolowane duże populacje aktywne, stanowiące często większą część doskonalonej populacji, zostaną zastąpione przez populacje o znacznie mniejszej wielkości. Zanim to jednak nastąpi na rozwiązanie czeka wiele problemów, ponieważ pierwsze, obiecujące wyniki dotyczące efektywności nowej technologii, są obecnie weryfikowane, a wyniki weryfikacji nie zawsze są jednoznaczne.

Opracowanie i wdrożenie nowej technologii może stanowić ogromne wyzwanie dla organizacji i firm hodowlanych. Francuskie doświadczenia z selekcją wspomaganą markerami wskazują, że nie jest to zadanie łatwe [1], ale może mieć sens. Bazując jedynie na mikrosatelitarnych markerach, uzyskano wzrost dokładności pozwalający na redukcję liczby testowanych na potomstwie młodych buhajów o 7–20%, a wprowadzenie takiej selekcji wstępnej odbywa się bez obniżenia tempa postępu genetycznego [1]. Projekty selekcji genomowej są już realizowane w kilku krajach (USA, Kanada, Holandia, Francja, Australia, Nowa Zelandia), a wyniki oceny genomowej są upubliczniane. Tym samym wykorzystanie selekcji genomowej stało się faktem. Pierwsze sygnały dotyczące zwiększenia dokładności oceny dzięki zastosowaniu dodatkowych źródeł informacji wskazują, że korzyści mogą być zróżnicowane w zależności od odziedziczalności cech. Nie wszystkie cechy występujące w zbiorczych indeksach selekcyjnych mogą zostać objęte nową oceną. Jeśli dojdzie do takiej sytuacji, że zwiększy się dokładność oceny wartości hodowlanej tylko

określonych cech, to mogą na tym ucierpieć cechy z nimi niekorzystnie skorelowane. Może to oznaczać konieczność zmiany wag w obecnie stosowanych indeksach. Praktyczne zastosowanie selekcji genomowej szybko rozwija się w kilku krajach dzięki niezwykle dużemu zainteresowaniu hodowców. Mimo że nadal nie potrafimy zidentyfikować genów odpowiedzialnych za poszczególne cechy. Skądinąd wiemy, że podłoże genetyczne wielu cech, zwłaszcza funkcjonalnych, jest bardzo złożone co rodzi problemy w ich analizowaniu i doskonaleniu. Nasuwa się więc pytanie: na ile selekcja genomowa pozwoli rozwiązać trudności typowe dla MAS [22], tak by było możliwe czerpanie z niej długofalowych korzyści.

Dla sukcesu selekcji genomowej niezwykle istotna jest kwestia nastawienia hodowców do nowej technologii. W przypadku bydła mlecznego selekcja wstępna buhajów na podstawie informacji genomowej nie skutkuje większymi zmianami – hodowcom nadal oferuje się nasienie buhajów testowanych na potomstwie. Jednak, jeśli dojdzie do zaniechania takiej oceny, kluczowym pozostaje pytanie, jak zareagują na to hodowcy. Doświadczenia z tego zakresu zdobyte przy okazji wdrażania programów MOET nie są zachęcające [40].

Niezależnie od sposobu wdrażania selekcji genomowej doświadczenie płynące z prowadzonych badań może nas zbliżyć do poznania funkcjonalnych mutacji. Wiedza na ich temat może umożliwić w przyszłości dokonanie kolejnego kroku na drodze rozwoju metod doskonalenia zwierząt. Po latach zastoju zapowiada się wielka rewolucja w genetyce ilościowej.

Podziękowania

Panu Profesorowi Markowi Łukaszewiczowi składam serdeczne podziękowania za cenne wskazówki wykorzystane przy opracowaniu tekstu.

Literatura

[1] Boichard D., Fritz S., Rossignol M., Guillaume F., Colleau J.J., Druet T. 2006. Implementation of marker assisted selection: practical lessons from dairy cattle. in 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, MG, Brasil CD-ROM communication: 22–11.

[2] Boruszewska K., Łukaszewicz M., Zięba G., Witkowski A., Horbańczuk J., Jaszczak K. 2009. Microsatellite markers may be ineffective in selection of laying hens for polygenic production traits. *Poultry Science* 88: 932–937.

[3] Calus M.P.L. 2008. Genomic selection: procedures and methods. The 59th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Lituenia, Vilnius. 24–27 August 2008. Book of abstracts No. 14: 17.

[4] Calus M.P.L., Meuwissen T.H.E., De Roos A.P.W., Veerkamp R.F. 2008. Accuracy of genomic selection using different methods to define haplotypes. *Genetics* 178: 553–561.

[5] Daetwyler H.D., Villanueva B., Woolliams J.A. 2007. Inbreeding in genome-wide selection. *J. Anim. Breed. Genet.* 124: 369–376.

[6] De Roos A.P.W., Hayes B.J., Spelman R.J., Goddard M.E. 2008. Linkage disequilibrium and persistence of phase in Holstein Friesian, Jersey and Angus cattle. *Genetics* 179: 1503–1512.

[7] Dekkers J.C. 2004. Commercial application of marker- and gene-assisted selection in livestock: strategies and lessons. *J. Anim. Sci*. 82: E-Suppl, E313-E328.

[8] Dekkers J.C.M. 2007. Marker-assisted selection for commercial crossbred performance. *J. Anim. Sci*. 85: 2104–2114.

[9] Gianola D., Fernando R.L., Stella A. 2006. Genomic-assisted prediction of genetic value with semiparametric procedures. *Genetics* 173: 1761–1776.

[10] Goddard M.E., Hayes B.J. 2007. Genomic selection. *J. Anim. Breed. Genet*. 124: 323–330.

[11] Guillaume F., Boichard D., Tarrès J., Druet T., Fritz S. 2008. Accuracies of different types of MAS-EBV in the French MAS program. The 59th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Lituenia, Vilnius. 24–27 August 2008. Book of abstracts No. 14: 21.

[12] Habier D., Fernando R.L., Dekkers J.C.M. 2007. The impact of genetic relationship information on genome--assisted breeding values. *Genetics* 177: 2389–2397.

[13] Hayes B., Goddard M.E. 2001. The distribution of the effects of genes affecting quantitative traits in livestock. *Genet. Sel. Evol.* 33: 209–229.

[14] Henderson C.R. 1984. Applications of linear models in animal breeding. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.

[15] Kinghorn B.P., Shepherd R.K. 1994. A tactical approach to breeding for information-rich designs. 5th Worlds Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Guelph, 7 – 12 August 1994, 18: 255–261.

[16] Lee A.H., Van der Verf J.H.J., Hayes B.J., Goddard M.E., Visscher P.M. 2008. Prediction unobserved phenotypes for complex traits from whole-genome SNP data. *PLOS Genetics* 4(19): e10000231.

[17] Legarra A., Misztal I. 2008 Technical Note: Computing strategies in genome-wide selection. *J. Dairy Sci*. 91: 360–366.

[18] Legarra A., Robert-Granie C., Manfredi E., Elsen J.M. 2008. Performance of genomic selection in mice. *Genetics* 180(1): 611–618.

[19] Long, N., Gianola D., Rosa G.J.M., Weigel K., Avendanño S. 2007. Machine learning classification procedure for selecting SNPs in genomic selection: application to early mortality in broilers. *J. Anim. Breed. Genet*. 124: 377–389.

[20] Meuwissen T.H.E. 1997. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding. *J. Anim. Sci.* 75: 934–940.

[21] Meuwissen T.H.E., Hayes B.J. Goddard M.E. 2001 Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics* 157: 1819–1829.

[22] Misztal I. 2006. Challenges of application of marker assisted selection. *Anim. Sci. Pap. Rep*. 24: 5–10.

[23] Misztal I., Legarra A., Aguilar I. 2009. Computing procedures for genetic evaluation including phenotypic, full pedigree and genomic information. *J. Dairy. Sci*. 92: 4648–4655.

[24] Misztal I., Femando R.L., Grossman M., Lawlor T.J., Łukaszewicz M. 1995. Dominance and epistatic effects in genetic evaluation of farm animals. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 13: 251–266.

[25] Muir W.M. 2007. Comparison of genomic and traditional BLUP-estimated breeding value accuracy and selection response under alternative trat and genomic parameters. *J. Anim. Breed. Genet*. 124: 342–355.

[26] Olsen D., Tajet H., Holm B. 2007. Inbreeding control in commercial pig breeding. The 58th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Dublin, Ireland 26–29 August 2007. Book of abstracts No. 13: 171.

[27] Parkes M., Barrett J.C., Prescott N.J., Tremelling M., Anderson C.A., Fisher S.A., Roberts R.G., Nimmo E.R., Cummings F.R., Soars D., Drummond H., Lees C.W., Khawaja S.A., Bagnall R., Burke D.A., Todhunter C.E., Ahmad T., Onnie C.M., McArdle W., Strachan D., Bethel G., Bryan C., Lewis C.M., Deloukas P., Forbes A., Sanderson J., Jewell D.P., Satsangi J., Mansfield J.C., Cardon L., Mathew C.G. 2007. Sequence variants in the autophagy gene IRGM and multiple other replicating loci contribute to Crohn's disease susceptibility. *Nat Genet*. 39: 830–832.

[28] Pedersen L.D., Sorensen A.C., Berg P. 2008. The 59th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Lituenia, Vilnius. 24–27 August 2008. Book of abstracts No. 14: 25.

[29] Piyasatian N., Fernando R.L., Dekkers J.C.M., 2007. Genomic selection for marker assisted improvement in line crosses. *Theor. Appl. Genet*. 115: 665–674.

[30] Pszczoła M., Aguilar I., Misztal I. 2009. Trends for Monthly Changes in Days Open in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 92: 4689–4696.

[31] Rutten M.J.M., Bijma P., Woolliams J.A., Van Arendonk J.A.M. 2002. SelAction: software to predict selection response and rate of inbreeding in livestock breeding program. *J. Hered.* 93: 456–458.

[32] Schaeffer L.R. 2006. Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. *J. Anim. Breed. Genet*. 123: 218–223.

[33] Schaeffer, L.R. 2008. Bull selection strategies using genomic estimated breeding values. Pages 35–41 in Tech. Presentations, 36th ICAR session, Niagara Falls, NY. Natl. DHIA, Verona, WI.

[34] Schaid D.J. 2004. Evaluating associations of haplotypes with traits. *Genetic Epidemiology* 27: 348–364.

[35] Solberg L.C., Valdar W., Gauguier D., Nunez G., Taylor A., Burnett S., Arboledas-Hita C., Hernandez-Pliego P., Davidson S., Burns P., Bhattacharya S., Hough T., Higgs D., Klenerman P., Cookson W.O., Zhang Y., Deacon R.M., Rawlins N.P., Mott R., Flint J. 2006. A protocol for high-throughput phenotyping, suitable for quantitative trait analysis in mice. *Mammalian Genome* 17: 129–146.

[36] Solberg T.R., Sonesson A.K., Woolliams J.A., Meuwisse T.H.E. 2008. Genomic selection using different marker types and densities. *J. Anim. Sci.* 86: 2447–2454.

[37] Sölkner J., Tier B., Crump R., Moser G., Thomson P. et al. 2007. A comparison of different regression methods for genomic-assisted prediction of genetic values in dairy cattle. Proceedings of the 58th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Dublin, 26–29 August 2007: 161.

[38] Sonesson A.K. Meuwissen T.H.E. 2009. Testing strategies for genomic selection in aquaculture breeding programs. *Genet. Sel. Evol.* 41: 37.

[39] Strabel T. 1993 Znaczenie przenoszenia zarodków w programach hodowlanych. *Przegląd Hodowlany* 9: 11–14.

[40] Strabel T. 1994. Stada o najwyższej wartości hodowlanej w Zjednoczonym Królestwie. I. Stado zarodowe MOET w Newcastle nad rzeką Tyne. *Przegląd Hodowlany* 6: 25–26.

[41] Świtoński M. 2008. Postępy genomiki zwierząt domowych. *Nauka* 1: 27–43.

[42] VanRaden P. 2008. Efficient methods to compute genomic predictions. *J. Dairy Sci.* 91: 4414–4423.

[43] VanRaden P. 2008. North American cooperation in genomic prediction. Canadian Dairy Cattle Improvement Industry Forum, September 2008. Dostępne on-line 11 września 2008.: «http://aipl.arsusda.gov/publish/present.htm».

[44] Woodward B.W., Van der Lende T. 2008. SNPs for parentage testing, individual identification, and traceability. ICAR Technical Series No. 13, Identification, breeding, production, health and recording of farm animals. Proceedings of the 36th ICAR biennial session held in Niagara Falls, USA, 16–20 June 2008: 361–370.

[45] Xu S., Jia Z. 2007 Genomewide analysis of epistatic effects for quantitative traits in barley. *Genetics* 175: 1955–1963.

Genomic selection – a new method for genetic improvement of the livestock

Key words: breeding program, breeding value, generation interval, genomic selection, reliability

Summary

Genetic improvement of livestock has been based for years on quantitative genetics principles and has brought unquestionable genetic gain in many traits. Initially selection was made only through mass selection which has limited effectiveness especially for low heritable traits. Further, employment of selection index theory and the BLUP method animal model, which make the best use of phenotypic and pedigree information, allowed to obtain breeding values calculated with high reliability hence accuracy of selection has improved substantially. The effective use of family information has also lead to increased rate of inbreeding in livestock populations and advanced method need to be used to control it. In dairy cattle breeding programs are

based on progeny testing of bulls what is costly and increase the generation interval. Nowadays genomic selection is becoming the method of choice to release this barriers. Selection decisions are to be based on genomic breeding values calculated as the sum of the effects of dense genetic markers spread across the entire genome. This article reviews numerous aspects of this technology showing how revolutionizing it is, and what are the current advances of its application.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 151–161

Znaczenie reakcji wolnorodnikowych w toksyczności insektycydów dla organizmów ssaków

Anna Krzepiłko
Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Szczebrzeska 102, 22-400 Zamość
e-mail: akrzepilko@up.lublin.pl

Słowa kluczowe: insektycydy, stres oksydacyjny, system antyoksydacyjny, ssaki

Neurotoksyczność – typowy mechanizm oddziaływania insektycydów

Substancje owadobójcze są powszechnie stosowane w rolnictwie i ochronie sanitarnej, charakteryzują się lipofilnością i wysoką toksycznością w stosunku do owadów. Główne grupy insektycydów to: związki chloroorganiczne (OChI), pyretroidy (PI), neonikotynoidy (NI), karbaminiany (CI) i związki fosforoorganiczne (OPI) [31].Wszystkie z wymienionych insektycydów mają wspólny mechanizm działania, są neurotoksynami i powodują zabicie owadów na skutek blokowania funkcji układu nerwowego. W synapsach nerwowych enzym acetylocholinoesteraza (AChE) uczestniczy w reakcji hydrolizy acetylocholiny (ACh) do choliny i kwasu octowego. Cykliczne wydzielanie i rozkład acetylocholiny jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania synaps chemicznych, a tym samym do przekazywania impulsów nerwowych [8]. Wszystkie insektycydy mogą zaburzyć ten fizjologiczny proces poprzez hamowanie aktywności acetylocholinoesterazy. Neonikotynoidy są też inhibitorami receptorów dla acetylocholiny [34]. Inhibicja AChE powoduje nagromadzenie ACh, która stymuluje ośrodkowy i obwodowy układ nerwowy [27]. Dochodzi do zaburzenia czynności wszystkich narządów wewnętrznych kontrolowanych przez autonomiczny układ nerwowy. Z opisanym mechanizmem ściśle wiążą się objawy toksycznego działania insektycydów: organizmy docelowe – owady giną na skutek podrażnienia ośrodka oddechowego. Również objawy śmiertelnego zatrucia u ssaków są podobne, insektycydy w letalnych dawkach powodują silne pobudzenie,

a następnie porażeniem ośrodkowego układu nerwowego, śmierć najczęściej następuje na skutek porażenia ośrodka oddechowego i obrzęku płuc [31].

Jeden z mechanizmów inhibicji acetylocholinoesterazy polega na reakcji insektycydu z resztą seryny obecną w centrum aktywnym tego enzymu. Insektycydy fosforoorganiczne powodują fosforylację seryny wchodzącej w skład białka enzymatycznego AChE i to połączenie jest trwałe w warunkach fizjologicznych [33]. Karbaminiany reagują z grupą serynową acetylocholinoesterazy poprzez resztę kwasu karbaminowego, jednak są to w warunkach fizjologicznych odwracalne połączenia [22]. Enzym stosunkowo szybko może powrócić do swojej pierwotnej aktywności i tym uzasadnia się mniejszą toksyczność karbaminianów niż związków fosforoorganicznych.

Pyretroidy charakteryzuje też inny mechanizm neurotoksyczności. Związki te blokują receptory nikotyno-acetylocholinowe oraz receptory dla kwasu gamma-aminomasłowego [28], co powoduje przedłużoną depolaryzację błony komórki nerwowej. Konsekwencją otwarcia kanałów jonowych jest hyperekscytacja układu nerwowego, występuje wówczas stan permanentnego wzbudzenia, co prowadzi do podrażnienia mięśni oddechowych i zablokowania funkcji centralnego ośrodka oddechowego.

Insektycydy chloroorganiczne, zależnie od struktury chemicznej, wpływają też na różne elementy budowy i funkcje komórek nerwowych. Wbudowują się w błonę komórkową neuronów, tworzą kompleksy z lipoproteinami błon aksonów, zmieniają kinetykę przepływu jonów sodu i potasu, wpływają na transport jonów wapnia przez Ca^{2+}-ATPazę, zmieniają aktywność fosfokinazy, mogą też wpływać na procesy biochemiczne związane z funkcją błon plazmatycznych, jak fosforylacja oksydacyjna [20].

Insektycydy znalazły powszechne zastosowanie w rolnictwie i gospodarstwach domowych, jednak związki te wpływają nie tylko na organizmy docelowe (owady), ale także na wszystkie elementy środowiska. Dane literaturowe dostarczają wielu przykładów na niespecyficzne działanie insektycydów. Celem prezentowanej pracy jest krótki przegląd obecnego stanu wiedzy dotyczącego stresu oksydacyjnego wywołanego podczas działania insektycydów na organizm ssaka. Skoncentrowano się na przykładach opisujących wpływ insektycydów na ssaki, gdyż ten zwierzęcy model może być przydatny np. w badaniu etiologii chorób neurodegeneracyjnych czy leczeniu zatruć u ludzi wywołanych przez te substancje. Aby lepiej rozumieć naturę wolnorodnikowego działania insektycydów podano wiele przykładów opisujących biochemiczne zmiany parametrów stresu oksydacyjnego w komórkach, tkankach i narządach ssaków. Omówiono także kilka przykładów potwierdzających łagodzenie objawów stresu oksydacyjnego wywołanego przez insektycydy poprzez podanie antyoksydantów.

Stres oksydacyjny jako wspólny niespecyficzny mechanizm działania insektycydów na organizmy ssaków

Insektycydy mogą wpływać niespecyficznie na wiele metabolicznych procesów zachodzących w organizmie ssaków, jak fosforylacja oksydacyjna w mitochondriach, metabolizm węglowodanów, biosynteza białka [9]. Autorzy licznych publikacji naukowych zwracają uwagę na fakt, że biologiczne skutki działania wielu pestycydów mogą nasilać się na skutek generowania wolnych rodników, a zwłaszcza reaktywnych związków tlenu. Jeżeli reaktywne formy tlenu, takie jak np. anionorodnik ponadtlenkowy, nadtlenek wodoru, rodnik hydroksylowy, tlenek azotu, występują w stężeniach wyższych niż fizjologiczne, to powodują stres oksydacyjny [32]. Reagują one ze wszystkimi typami cząsteczek występującymi w komórce, powodują peroksydację lipidów, modyfikację białek, cukrów, kwasów nukleinowych. Zmiany te mogą prowadzić do śmierci komórek lub powodować szereg schorzeń, jak choroby neurodegeneacyjne, miażdżyca, cukrzyca i inne [36]. Zachowanie w komórce homeostazy prooksydacyjno-antyoksydacyjnej wymaga współdziałania wielu mechanizmów zapobiegających lub naprawiających uszkodzenia wolnorodnikowe. Jednym z najważniejszych mechanizmów obrony jest enzymatyczny system antyoksydacyjny, do którego zaliczamy: dysmutazy ponadtlenkowe, katalazy, peroksydazy i współdziałające z nimi reduktazy. W ochronie antyoksydacyjnej uczestniczą też antyoksydnty, takie jak np. glutation (GSH), cysteina, witaminy A, C i E [5] oraz fizjologicznie aktywne związki selenu [6].

Wszystkie grupy insektycydów wywołują w komórkach ssaków objawy stresu oksydacyjnego, takie jak zmiany stężenia wolnych rodników, zmiany aktywności enzymów antyoksydacyjnych, wzrost stężenia produktów utleniania białek, lipidów i kwasów nukleinowych [36].

Dieldryna (OChI) może powodować śmierć komórek wątrobowych na skutek stresu oksydacyjnego [30]. Fosfina (OPI) inicjuje oksydacyjne uszkodzenia na skutek wzrostu stężenia rodnika hydroksylowego najpierw w komórkach nerek i serca, a w dalszej kolejności mózgu, wątroby i płuc szczurów [16]. Inny związek z tej grupy insektycydów – chlorfenwinfos wywoływał stres oksydacyjny w mózgu szczurów [23]. Potwierdzono, że insektycydy wpływają na funkcje rozrodcze, zaburzają proces spermatogenezy i oogenezy u ssaków [3, 7, 11]. W jądrach szczurów, którym podawano z pokarmem metoksychlor (OChI), stwierdzono zależny od dawki pestycydu wzrost stężenia anionorodnika ponadtlenkowego i nadtlenku wodoru. Równocześnie zwiększał się poziom preoksydacji lipidów [21].

Objawy stresu oksydacyjnego można zaobserwować w różnym czasie od podania insektycydu, a w doświadczeniach krótkoterminowych już nawet po 5 lub 15 minutach. Komórki układu immunologicznego (tymocyty, makrofagi) są bardziej wrażliwe na działanie różnych związków chemicznych w dużo niższej dawce niż inne typy komórek ssaków. Tymocyty izolowane z krwi myszy poddawano in vitro działaniu

różnych insektycydów, jak lindan (OChI), malation (OPI), permetryna (PI) pojedynczo i w mieszaninie, i już po 5 minutowej inkubacji obserwowano w tych komórkach wzrost stężenia anionorodnika ponadtlenkowego [30]. Zastosowanie mieszaniny pestycydów (zwłaszcza lindanu i malationu) powodowało ponad pięciokrotny wzrost stężenia anionorodnika ponadtlenkowego w porównaniu do pojedynczych dawek pestycydów. Pojawienie się w środowisku anionorodnika ponadtlenkowego wiąże się z ryzykiem powstawania innych reaktywnych związków tlenu. Anionorodnik ponadtlenkowy w komórce jest usuwany przez enzym dysmutazę ponadtlenkową i w tej reakcji powstaje nadtlenek wodoru [5]. W opisywanym doświadczeniu stwierdzono, że zarówno ekspozycja na pojedyncze dawki insektycydów jak i ich mieszaniny wywołuje także przyrost stężenia nadtlenku wodoru [30].

Makrofagi krwi szczura, podobnie jak tymocyty, są często stosowane w badaniach nad toksycznością pestycydów [4]. Już pięcio- lub piętnastominutowa ekspozycja makrofagów na lindan (OChI) powodowała przyrost stężenia wolnych rodników w tych komórkach. Natomiast lindan podany drogą pokarmową spowodował maksymalny przyrost stężenia wolnych rodników w erytrocytach szczura dopiero po 24 godzinach [30].

Nowe spojrzenie na toksyczność insektycydów, znajdujące odzwierciedlenie w wynikach badań eksperymentalnych, podkreśla rolę tlenku azotu w przebiegu wielu niespecyficznych reakcji w komórkach. Wielokrotnie stwierdzano, że w komórkach narażonych na działanie insektycydów zachodzi naruszenie wewnątrzkomórkowej równowagi jonowej, zwłaszcza gospodarki jonami wapnia. Zmiany stężenia jonów wapnia wpływają na aktywność konstytutywnej syntetazy tlenku azotu, która wytwarza tę reaktywną formę tlenu [9]. Tlenek azotu w zależności od warunków może wykazywać silne działanie prooksydacyjne i nasilać stres oksydacyjny [5]. Może też wykazywać cytotoksyczne działanie, wpływa na wiele procesów metabolicznych, działa jako wolny rodnik, wtórny przekaźnik, neurotransmiter. Rozregulowanie metabolizmu tlenku azotu wpływa na homeostazę w komórce, pogarsza odpowiedź immunologiczną, wpływa na chemotaksję i w konsekwencji uniemożliwia odpowiedź komórek na negatywne czynniki środowiskowe [9]. Wpływ pestycydów na układ immunologiczny ssaka może więc być pierwotną przyczyną nadwrażliwości komórek odpornościowych, zwiększonej podatności na alergię i zmniejszonej odporności organizmów na powstawanie guzów nowotworowych [30].

Ekspozycji na insektycydy towarzyszą zmiany aktywności głównych enzymów antyoksydacyjnych: dysmutazy ponadtlenkowej (SOD), katalazy (CAT), peroksydazy glutationowej (GPx), reduktazy glutationowej (GR), transferazy glutationowej (GT) i innych. W komórce tworzą one współdziałający system usuwający reaktywne związki tlenu. Dysmutaza ponadtlenkowa usuwa anionorodnik ponadtlenkowy, produktem katalizowanej przez nią reakcji jest nadtlenek wodoru. Katalaza i peroksydaza rozkładają nadtlenek wodoru. Z peroksydazami współdziałają reduktaza glutationowa i transferaza glutationowa [5]. Insektycydy już w niewielkich stężeniach

wpływają na aktywność enzymów systemu antyoksydacyjnego komórek. Jeżeli punktem odniesienia będzie wartość dawki LD_{50} (dawka powodująca śmierć połowy badanej populacji zwierząt) to w komórkach narażonych na działanie różnych insektycydów stwierdzono zmiany aktywności enzymów antyoksydacyjnych po zastosowaniu dawek wynoszących np. 0,01–0,04 LD_{50} dla metoksychloru, 0,001 LD_{50} dla lindanu, a w przypadku chlorfenwinfosu 0,02 LD_{50} [21, 30, 23].

Analizując dane eksperymentalne trudno jest wyciągnąć jednoznaczne wnioski co do charakteru odpowiedzi ze strony układu enzymów antyoksydacyjnych komórek ssaków. Zazwyczaj obserwowano zmianę aktywności tych enzymów pod wpływem insektycydów, natomiast charakter tej odpowiedzi (wzrost lub spadek aktywności) zależy od wielu czynników: dawki, czasu inkubacji, rodzaju narządu, typu organizmu.

Zmiany aktywności enzymów antyoksydacyjnych zachodzą w różnym czasie od podania insektycydów. Przeprowadzono interesujące doświadczenie na szczurach, które pokazało, że system enzymów antyoksydacyjnych czule reaguje na pojawienie się pyretroidów w organizmie zwierzęcia. Zastosowano bardzo niską (0,001% LD_{50}), pojedynczą dawkę cypermetryny (PI) lub fenwaleratu (PI), jednak spowodowała ona zmiany aktywności dysmutazy ponadtlenkowej i katalazy w erytrocytach [20]. Obserwowany wzrost aktywności SOD i katalazy utrzymywał się w organizmie zwierzęcia przez pewien czas, maksymalny przyrost aktywności SOD następował po 14 dniach od podania cypermetryny, po 7 dniach od podania fenwaleratu, a po 3 dniach od zastosowaniu ich razem. Maksymalną aktywność katalazy stwierdzono trzeciego dnia od podania cypermetryny lub cypermetryny i fenwaleratu, po 7 dniach od podania fenwaleratu. Zmianom tym towarzyszył wzrost stężenia zredukowanego glutationu w erytrocytach w czasie pierwszych 3 dni od podania pestycydów.

Inni autorzy badali wpływ różnych dawek (wysokich 0–100 $g \cdot dcm^{-3}$ i niskich 0–0,1 $g \cdot dcm^{-3}$) chloropiryfos-etylu (OP) na erytrocyty człowieka in vitro i stwierdzili obniżenie aktywności CAT i SOD jedynie przy wysokich dawkach tego insektycydu [14]. Natomiast aktywność GPx wzrastała przy wysokich dawkach chloropiryfos-etylu i była zależny od czasu inkubacji z insektycydem. Opisywane doświadczenie przeprowadzono poza organizmem, i wskazuje ono jedynie na możliwości antyoksydacyjne erytrocytów, nie odzwierciedla jednak zdolności antyoksydacyjnych całego żywego ustroju. Także inne insektycydy fosforoorganiczne wpływają na aktywność enzymów antyoksydacyjnych Powszechnie używany diazinon podawano z pokarmem szczurom w dawce 25% LD_{50} (335 $mg \cdot kg^{-1}$). Po 24 h badano aktywność SOD, CAT i GPx. w mięśnu sercowym [2]. Aktywność SOD i CAT znacznie wzrastała w próbach, w których zastosowano diazinon, natomiast nie stwierdzono zmian aktywności GPx.

W innym doświadczeniu tymocyty myszy inkubowano z mieszaniną pestycydów (50 uM lindan + 75 uM malation lub 50 uM lindan + 150 uM permetryna) przez 12 godzin i obserwowano wzrost aktywności dysmutazy ponadtlenkowej, obniżenie aktywności katalazy, reduktazy glutationowej i peroksydazy glutationowej [30].

Metoksychlor – z grupy OChI podawany z pokarmem (50–200 mg · kg^{-1}) powodował znaczący spadek aktywności SOD, CAT, GPx w jądrach szczurów, równocześnie obserwowano wzrost stężenia produktów peroksydacji lipidów [21]. Mechanizm, w jaki metoksychlor wywołuje stres oksydacyjny, jest powiązany z aktywnością monooksygenaz, które współpracują z cytochromem P-450. Powstające produkty O-dealkilowania lub hydroksylowania metoksychloru wiążą się kowalencyjnie z cząsteczkami frakcji mikrosomalnej komórek. Decydującą rolę w generowaniu wolnych rodników odgrywa jednak cytochrom P-450. Podczas przepływu elektronów przez mikrosomalny łańcuch transportu elektronów wytwarzane są zarówno anionorodnik ponadtlenkowy jak i nadtlenek wodoru na skutek rozpadu form oksy- i peroksycytochromu P450 [5].

Badając wpływ karbaminianów aldicarbu i propoksuru na linię komórek ssaka CHO-K1 ustalono, że każdy z nich po 24 godzinach ekspozycji spowodował obniżenie stężenia wewnątrzkomórkowego GSH i obniżenie stosunku GSH/GSSG. Niskiemu stężeniu GSH towarzyszyła indukcja aktywności peroksydazy glutationowej i transferazy glutationowej. Aldikarb i propoksur powodowały wzrost aktywności peroksydazy glutationowej aż o 198% i 228%, a transferazy glutationowej odpowiednio o 49% i 230% w porównaniu z kontrolą [25].

Można próbować uogólnić wyniki przedstawionych tu prac i zaproponować sugestię, że krótkotrwała ekspozycja na insektycyd powoduje mobilizację zdolności antyoksydacyjnych komórek, która przejawia się wzrostem aktywności głównych enzymów antyoksydacyjnych. Natomiast dłuższa ekspozycja powoduje wyczerpywanie się rezerw obronnych, co często przejawia się obniżeniem aktywności enzymów antyoksydacyjnych.

Peroksydacja lipidów czułym wskaźnikiem stresu oksydacyjnego powodowanego przez insektycydy

Peroksydacja lipidów polega na utlenianiu wielonienasyconych kwasów tłuszczowych będących składnikami błon biologicznych. Proces ten zachodzi zarówno na drodze nieenzymatycznej jak i enzymatycznej. Nieenzymatyczne utlenianie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych inicjowane jest przez reakcje wolnorodnikowe [7]. Enzymatyczna peroksydacja lipidów zachodzi na skutek aktywności lipooksygenaz i prowadzi do wytwarzania wodoronadtlenków lipidów. Produkty końcowe utleniania kwasów tłuszczowych: diadehyd malonowy (MDA), izoprostany i neuroprostany uważane są za główne markery nieenzymatycznej peroksydacji lipidów [24]. Wzrost stężenia MDA jest jednym z czulszych wskaźników rozmiaru zmian wywołanych przez wolne rodniki w żywych ustrojach. MDA zmienia właściwości błon komórkowych poprzez zaburzenie hydrofobowości wnętrza dwuwarstwy lipidów, ma też właściwości cytotoksyczne, mutagenne i kancerogenne [15].

Proces peroksydacji lipidów to jeden z częściej obserwowanych efektów działania insektycydów. Dane literaturowe dostarczają wielu przykładów, że OPI powodują peroksydację lipidów. Dichlorfos indukuje stres oksydacyjny w erytrocytach przejawiający się podwyższoną produkcją MDA [10] Potwierdzono także zależność pomiędzy zastosowaną dawką lindanu a peroksydacją lipidów [26].

Chloropiryfos-etyl powoduje wzrost stężenia MDA w ludzkich erytrocytach [14]. Obserwowano jego szybkie oddziaływanie na lipidy erytrocytów. Już po 30 minutach inkubacji niskie stężenie ($0{,}01 g \cdot dcm^{-3}$) tego insektycydu powoduje wzrost stężenia MDA o 30% powyżej wartości kontrolnej. Kontynuowanie inkubacji spowodowało po 6 godzinach wzrost stężenia produktów peroksydacji lipidów o 37%. W tym samym czasie wyższe stężenie chloropiryfos-etylu ($0{,}01 g \cdot dcm^{-3}$) powodowało przyrost stężenia MDA aż o 72% powyżej wartości kontrolnej [14].

Na dużej grupie myszy przeprowadzono interesujące, długoterminowe doświadczenia nad stresem oksydacyjnym wywoływanym przez cypermetrynę (PI) i propetamfos (OP) [18]. W opisywanym doświadczeniu przez 60 dni dodawano do pożywienia myszy niskie dawki tych insektycydów pojedynczo lub w mieszaninie. Cypermetryna w dawce 5 lub 10 $mg \cdot kg^{-1}$ powodowała znaczący wzrost stężenia MDA w krwi zwierząt, objawy te nasilały się w miarę upływu czasu, i w końcowym 60 dniu eksperymentu stwierdzono wzrost stężenia MDA do około 160% i 210% w porównaniu z próbą kontrolną. Podobną zależność stwierdzono pomiędzy wzrostem stężenia MDA a dawką propetamfosu (2,5 lub 5 $mg \cdot kg^{-1}$) i czasem ekspozycji. Łączne zastosowanie tych insektycydów w dawce 10 $mg \cdot kg^{-1}$ cypermetryny i 5 $mg \cdot kg^{-1}$ propetamfosu podnosiło stężenie MDA do około 144% kontroli w 15 dnu doświadczenia, a dalej odpowiednio 194% w 45 dniu i 278% w 60 dniu eksperymentu. Inni autorzy również potwierdzają wpływ insektycydów fosfoorganicznych na peroksydacje lipidów. Paration metylu powoduje nasilenie peroksydacji lipidów w nerkach szczurów [18]. Gultekin i in. zaobserwowali w erytrocytach szczurów wzrost stężenia MDA po podaniu chloropyrifosu w dawce 150–200 $mg \cdot kg^{-1}$ po 6 dniach eksperymentu [14].

Także badania Tuzmen i in. potwierdzają, że niespecyficznym przejawem toksyczności insektycydów jest peroksydacja lipidów [35]. Szczurom przez 16 tygodni, codziennie podawano z pożywieniem deltametrynę w dawce 5 lub 35 $mg \cdot kg^{-1}$. Drugim testowanym insektycydem był chloropiryfos w dawkach 1 lub 15 $mg \cdot kg^{-1}$. Stężenie LPO w wątrobie szczurów znacząco wzrastało do około 212% przy niskich dawkach, i 374% przy wysokiej dawce deltametryny. Chloropyrifos powodował mniejsze zmiany, stężenie LPO wzrastało do 130% przy niższej dawce, a przy wyższej do 279% w porównaniu do kontroli. Także pyretroidy wywoływały peroksydacje lipidów w erytrocytach szczura [17].

Stresowi oksydacyjnemu generowanemu przez pestycydy towarzyszą zmiany aktywności enzymów antyoksydacyjnych i najczęściej obniżenie stężenia zredukowanego glutationu, jednak wydaje się, że to peroksydacja lipidów jest najczulszym wskaźnikiem zaburzenia homeostazy w komórkach ssaków. Wydajność systemu antyoksydacyjnego komórek może ulegać obniżeniu na skutek chronicznej toksyczności pestycy-

dów, jednak ślady ich działania w postaci peroksydacji lipidów są długo obecne. Potwierdza to eksperyment w którym szczurom podawano regularnie przez 60 dni cypermetrynę w niskich dawkach. Po zakończeniu eksperymentu aktywność dysmutazy ponadtlenkowej i katalazy w erytrocytach nie zmieniła się znacząco, co mogłoby sugerować częściowe dostosowanie się systemu antyoksydacyjnego szczura do niskich dawek pyretroidu [13]. Stwierdzono jednak nasiloną peroksydację lipidów w tkankach szczurów w porównaniu z kontrolą, co potwierdza występowanie stresu oksydacyjnego.

Insektycydy są substancjami lipofilnymi, dzięki temu skutecznie przenikają przez kutikulę owada i mogą nań oddziaływać neutotoksycznie. Dobra rozpuszczalność w tłuszczach stwarza możliwość bezpośredniego oddziaływania z lipidami błony komórkowej, prowadzi to do jej degradacji i w konsekwencji do uszkodzenia komórek [35]. Cypermetryna może zmniejszać płynność dwuwarstwy lipidów w błonie erytrocytu [29]. Peroksydacja lipdów jest wypadkową procesów produkcji wolnych rodników i ich usuwania przez system antyoksydacyjny komórki. U ssaków serce jest organem szczególnie narażonym na procesy peroksydacji ze względu na specyfikę metabolizmu. Mięsień sercowy jako paliwo energetyczne wykorzystuje kwasy tłuszczowe i ciała ketonowe. Wysokie stężenie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i duże zapotrzebowanie na tlen jeszcze zwiększa możliwość wystąpienia stresu oksydacyjnego [2].

Na uwagę zasługuje fakt, że nasilenie procesu peroksydacji lipidów w obecności insektycydów może wynikać nie tylko z przyrostu stężenia wolnych rodników, ale także może być powodowane obniżeniem aktywności dysmutazy ponadtlenkowej i katalazy. Osłabienie enzymatycznej ochrony antyoksydacyjnej nasila wtórne etapy peroksydacji lipidów [14].

Podsumowanie

Ponad 85–90% zastosowanych pestycydów nigdy nie trafia do organizmów docelowych, ale ulega rozproszeniu w środowisku, tak więc i ludzie, i inne ssaki są narażone na potencjalne ryzyko utraty zdrowia [30]. Jednym z przejawów oddziaływania insektycydów na komórki ssaków może być generowanie wolnych rodników i w konsekwencji stres oksydacyjny. Co ciekawe, wystarczą niewielkie dawki insektycydów i krótki czas ekspozycji, aby wywołać to zjawisko. Nasilenie reakcji prooksydacyjnych w komórkach uruchamia obronną reakcję przejawiająca się zmianami aktywności enzymów antyoksydacyjnych, takich jak: dysmutaza ponadtlenkowa, katalaza, enzymy metabolizmu glutationu. Ekspozycji na insektycydy często towarzyszy obniżenie stężenia wewnątrzkomórkowych antyoksydantów: glutationu, kwasu askorbinowego, zwłaszcza gdy kontakt z insektycydem był długotrwały. Konsekwencje toksyczności insektycydów na poziomie komórki mogą być różne – od objawów stresu oksydacyjnego po efekty cytotoksyczne. Analizując dane literaturowe można zaproponować wspólny wolnorodnikowy mechanizm toksyczności wszystkich insektycydów dla komórek ssaków.

Pojawia się więc pytanie: czy objawy stresu oksydacyjnego wywołanego przez insektycydy można złagodzić podając antyoksydanty? Wyniki niektórych doświadczeń z zastosowaniem antyoksydantów i insektycydów dają na nie pozytywną odpowiedź. Szczurom podawano z pokarmem lindan (30 mg · kg^{-1}) przez 4 tygodnie i obserwowano objawy stresu oksydacyjnego: podwyższony poziom MDA, wyższa niż w kontroli aktywność SOD, CAT, GPx, GR, GT, niski poziom GSH. Chcąc sprawdzić wpływ antyoksydantów podczas zatrucia pyretroidami, innej grupie szczurów dodatkowo podawano imbir (1%) i stwierdzono obniżenie parametrów stresu oksydacyjnego do wartości kontrolnych. Sugeruje to, że obecność w diecie imbirowej naturalnych antyoksydantów chroni przed stresem oksydacyjnym wywoływanym przez lindan [1]. U szczurów, którym podano pojedynczą dawkę diazinonu, obserwowano wzrost stężenia produktów peroksydacji lipidów. Podanie pojedynczej dawki diazinonu i witamin E, C spowodowało zmniejszenie peroksydacji, jednak ta zmiana nie była na tyle duża, aby parametr ten osiągną wartość równą kontroli [2].

W innym doświadczeniu szczurom podawano przez 30 dni fenwalerat (20 mg · kg^{-1}), witaminę E (100 mg · kg^{-1}), beta-karoten (10 mg · kg^{-1}), pojedynczo i w połączeniu z pestycydem. Stwierdzono, że fenwalerat znacząco zwiększa stężenie wolnych rodników w osoczu i mózgu szczurów, ale nie powoduje zmian w wątrobie i jądrach. Obecność fenwaleratu w diecie powodowała wzrost aktywności pewnych enzymów jak transferaza glutationowa (w wątrobie), fosfataza alkaliczna (osocze i wątroba). Obserwowano także nieprawidłowe parametry hematologiczne krwi i obniżenie jakości nasienia. Witamina E i beta-karoten nie spowodowały znaczących zmian badanych parametrów biochemicznych, ale w obecności tych suplementów zmniejszał się szkodliwy wpływ fenwaleratu, przejawem tego było poprawienie jakości spermy szczurów [11]. Permetryna i cypermetryna powodowały oksydacyjne uszkodzenia komórek krwi szczura, jednak równoczesne podanie pestycydu i mieszaniny witamin E i C chroniło błony komórkowe erytrocytów przed peroksydacją [13].

W przypadku zatrucia insektycydami także podawanie selenu łagodzi ich toksyczne oddziaływanie. Metomyl (CI) powoduje u myszy peroksydację lipidów i uszkodzenia DNA, szczególnie w komórkach wątroby i nerek. Innej grupie myszy wstrzykiwano codziennie dawkę selenianu sodu, a następnie podawano im metomyl (CI). W tej grupie zwierząt stężenie utlenionych lipidów i liczba uszkodzeń DNA była niższa. Podawanie selenianu sodu w znacznym stopniu zabezpieczało komórki przed stresem oksydacyjnym wywołanym przez metomyl [12]. Związki selenu chronią DNA komórek także przed uszkodzeniami wywołanymi przez diazinon (OPI) [19]. Suplementacja selenem zwiększa aktywność antyoksydacyjną enzymów: SOD, CAT, GR, GPx, GT [12], a przez to skuteczniej chroni komórki przed wolnymi rodnikami powstającymi podczas zatrucia insektycydami.

Zrozumienie wolnorodnikowego mechanizmu oddziaływania insektycydów na komórki pozwoli na nowe metody terapii podczas zatrucia tymi związkami i być może zwiększy skuteczność ich działania na organizmy docelowe.

Literatura

[1] Ahmed R.S., Suke S.G., Seth V., Chakraborti A., Tripathi A.K., Banerjee B.D. 2008. Protective effects of dietary ginger (*Zingiber officinales* Rosc.) on lindane-induced oxidative stress in rats. *Phytother Res.* 22(7): 902–906.

[2] Akturk O., Demirin H., Sutcu R., Yilmaz N., Koylu H., Altuntas I. 2006. The effects of diazinon on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in rat heart and ameliorating role of vitamin E and vitamin C. *Cell Biol. Toxicol.* 22(6): 455–461.

[3] Arena A.C., Fernandez C.D., Porto E.M., Bissacot D.Z., Pereira O.C., Kempinas W.G. 2008. Fenvalerate, a pyrethroid insecticide, adversely affects sperm production and storage in male rats. *J. Toxicol. Environ. Health*. 71(23): 1550–1558.

[4] Bagchi M., Stohs S.J. 1993. In vitro induction of reactive oxygen species by 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo-p-dioxin, endrin and lindane in rat peritoneal macrophages and hepatic mitochondria and microsomes. *Free Radical Biol. Med*.14(1): 11–18.

[5] Bartosz G. 2003. Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie. Wyd. drugie zmienione. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 447.

[6] Battin E.E., Brumaghim J.L. 2009. Antioxidant activity of sulfur and selenium: a review of reactive oxygen species scavenging, glutathione peroxidase, and metal-binding antioxidant mechanisms. *Cell Biochem. Biophys*. 55(1): 1–23.

[7] Bonilla E., Hernández F., Cortés L., Mendoza M., Mejía J., Carrillo E., Casas E., Betancourt M. 2008. Effects of the insecticides malathion and diazinon on the early oogenesis in mice in vitro. *Environ. Toxicol*. 23(2): 240–245.

[8] Bukowska B. 2005. Acetylocholinoesteraza – rola w apoptozie komórek nerwowych, chorobach neurologicznych i białaczce. *Postępy Biochemii* 51(2): 154–161.

[9] Casares F.M., Mantione K. 2006. Pesticides may be altering constitutive nitric oxide release, thereby compromising health. *Med. Sci. Monit*. 12(10): 235–240.

[10] Celik I., Suzek H. 2009. Effects of subacute exposure of dichlorvos at sublethal dosages on erythrocyte and tissue antioxidant defense systems and lipid peroxidation in rats. *Ecotoxicol. Environ. Saf*. 72(3): 905–908.

[11] El-Demerdash F.M., Yousef M.I., Kedwany F.S., Baghdadi H., Gabbianelli R., Falcioni G. 2004. Role of alpha-tocopherol and beta-carotene in ameliorating the fenvalerate-induced changes in oxidative stress, hemato-biochemical parameters, and semen quality of male rats. *J. Environ. Sci. Health B*. 39(3): 443–459.

[12] El-Khawaga O.A. 2005. Role of selenium on antioxidant capacity in methomyl-treated mice. *J. Physiol. Biochem.* 61(4): 501–506.

[13] Gabbianelli R., Nasuti C., Falcioni G., Cantalamessa F. 2004. Lymphocyte DNA damage in rats exposed to pyrethroids: effect of supplementation with Vitamins E and C. *Toxicology* 15, 203 (1–3): 17–26.

[14] Gultekin F., Ozturk M., Akdogan M. 2000. The effect of organophosphate insecticide chlorpyrifos-ethyl on lipid peroxidation and antioxidant enzymes (in vitro). *Arch Toxicol. Nov*. 74(9): 533–538.

[15] Gutteridge J.M, Hallwell B. 1990. The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems. *Trends Biochem. Sci*. 15(4): 129–135.

[16] Hsu C.H., Chi B.C., Liu M.Y., Li J.H., Chen C.J., Chen R.Y.2002. Phosphine-induced oxidative damage in rats: role of glutathione. *Toxicology* 30, 179 (1–2): 1–8.

[17] Kale M., Rathore N., John S., Bhatnagar D. 1999. Lipid peroxidatve damage on pyrethroid exposure and alterations in antioxidant status in rat erythrocytes: a possible involvement of reactive oxygen species. *Toxicol. Lett*. 105: 197–205.

[18] Kanbur M., Liman B.C., Eraslan G., Altinordulu S. 2008. Effects of cypermethrin, propetamphos, and combination involving cypermethrin and propetamphos on lipid peroxidation in mice. *Environ. Toxicol*. 23(4): 473–479.

[19] Kashanian S., Gholivand M.B., Ahmadi F., Ravan H. 2008. Interaction of diazinon with DNA and the protective role of selenium in DNA damage. *DNA Cell Biol*. 27(6): 325–332.

[20] Kaushik P., Kaushik G. 2007. An assessment of structure and toxicity correlation in organochlorine pesticides. *J. Hazard Mater.* 8, 143 (1–2): 102–111.

[21] Latchoumycandane C., Mathur P. 2002. Induction of oxidative stress in the rat testis after short-term exposure to the organochlorine pesticide methoxychlor. *Arch. Toxicol.* 76(12): 692–698.

[22] Lotti M., Moretto A.1999. Promotion of organophosphate induced delayed polyneuropathy by certain esterase inhibitors. *Chem. Biol. Interact*.14: 119–120.

[23] Lukaszkiewicz-Hussain A. 2008. Subchronic intoxication with chlorfenvinphos, an organophosphate insecticide, affects rat brain antioxidative enzymes and glutathione level. *Food and Chem. Toxicol*. 46: 82–86.

[24] Łuczaj W., Skrzydlewska E. 2006. Peroksydacja lipidów. Współczesne spojrzenie na peroksydację lipidów. *Post. Bioch*. 52/2: 173–179.

[25] Maran E., Fernández M., Barbieri P., Font G., Ruiz M.J. 2009. Effects of four carbamate compounds on antioxidant parameters. *Ecotoxicol. Environ. Saf*. 72(3): 922–930.

[26] Mediratta P.K., Tanwar K., Reeta K.H., Mathur R., Benerjee B.D., Singh S., Sharma K.K. 2008. Attenuation of the effect of lindane on immune responses and oxidative stress by *Ocimum sanctum* seed oil (OSSO) in rats. *J. Physiol. Pharmacol.* 52(2): 171–177.

[27] Narahashi T., Zhao X., Ikeda T., Nagata K., Yeh J.Z. 2007. Differential actions of insecticides on target sites: basis for selective toxicity. *Hum. Exp. Toxicol.* 26(4): 361–366.

[28] Nasuti C., Cantalamessa F., Falcioni G., Gabbianelli R. 2003. Different effects of type I and type II pyrethroids on erythrocyte plasma membrane properties and enzymatic activity in rats. *Toxicol*. 191: 233–244.

[29] Nasuti C., Cantalamessa F. 2002. Cypermethrin-induced plasma membrane perturbation on erythrocytes from rats: reduction of fluidity in the hydrophobic core and in glutathione peroxidase activity. *Toxicol*. 14, 175 (1–3): 91–101.

[30] Olgun S., Misra H.P. 2006. Pesticides induced oxidative stress in thymocytes. *Mol. Cell Biochem*. 290(1–2): 137–144.

[31] Różański L. 1996. Vademecum pestycydów. Wydawnictwo Agra-Enviro Lab. Poznań: 11–72.

[32] Sies H., Cadenas E. 1985. Oxidative stress: damage to intact cells and organs. *Philos. Trans. Soc. Lond. Biol. Sci.* 17(311): 617–631.

[33] Sogorb M.A., Vilanova E. 2002. Enzymes involved in the detoxification of organophosphorus, carbamate and pyrethroid insecticides through hydrolysis. *Toxicol. Lett*. 10, 128(1–3): 215–228.

[34] Tomizawa M., Casida J.E. 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annu Rev. Pharmacol. Toxicol*. 45: 247–268.

[35] Tuzmen N., Candan N., Kaya E., Demiryas N. 2008. Biochemical effects of chlorpyrifos and deltamethrin on altered antioxidative defense mechanisms and lipid peroxidation in rat liver. *Cell Biochem Funct*. 26(1): 119–124.

[36] Young I., Woodside J. 2001. Antioxidants in health and disease. *J. Clin. Pathol*. 54(3): 176–186.

The role of free radical reactions for insecticide toxicity to mammal organisms

Key words: insecticides, oxidative stress, antioxidant system, mammals

Summary

Paper presents a literature review concerning the free radical mechanism of insecticide toxicity on the mammal organism.

The authors of many scientific publications emphasize that insecticides may affect mammals in non-specific ways and disrupt the functioning of organs, tissues, and biochemical processes occuring in the cells. Insecticide poisoning is often accompanied by symptoms of oxidative stress, such as increased concentration of lipid peroxidation products, changes in the activity of intracellular antioxidant enzymes – catalase, superoxide dismutase, and glutathione peroxidase – and decreased antioxidant concentration. Data available from the literature emphasize that cell damage may result from increased free radical production occurring during insecticide poisoning.

Postępy Nauk Rolniczych nr 2/2010: 163–174

Produkcja biomasy z roślin energetycznych

Sławomir Podlaski, Danuta Chołuj, Grzegorz Wiśniewski
Katedra Fizjologii Roślin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
e-mail: slawomir_podlaski@sggw.pl

Słowa kluczowe: rośliny energetyczne, charakterystyka, plon biomasy

Wartość różnych rodzajów biomasy roślinnej zależy od chemicznych i fizycznych właściwości dużych molekuł z których jest zbudowana. Człowiek przez tysiąclecia wykorzystywał energię zachowaną w chemicznych wiązaniach poprzez spalanie biomasy lub wykorzystywanie jako żywność lub paszę. W okresie ostatnich 10 lat nastąpił gwałtowny wzrost zapotrzebowania na biomasę, jako źródła surowca do produkcji energii. Wynika to z 3 czynników [9]:

1. Technologiczny postęp związany z produkcją surowca i technologią konwersji, umożliwił obniżenie kosztów produkcji energii. Problem kosztów energii ma znaczenie fundamentalne, ponieważ bioenergia jest ciągle droższa od energii pochodzącej z paliw kopalnych.
2. Rolnictwo w Zachodniej Europie produkuje za dużo żywności w stosunku do zapotrzebowania, stąd wprowadzono opłaty za ugorowanie gruntów. Innym czynnikiem jest postępujące wyludnienie obszarów wiejskich i polityka rolna, która zakłada różnego rodzaju dopłaty do produkcji rolnej. Wprowadzenie alternatywnych upraw, nie wykorzystywanych na paszę lub żywność, daje szanse na przynajmniej częściowe rozwiązanie opisanych powyżej problemów.
3. Zmiany klimatyczne i potencjalna rola jaką odgrywa biomasa w sekwestracji CO_2.

W wypadku przyjaznej ekologicznie produkcji spalana biomasa emituje tyle dwutlenku węgla, ile jest wiązane w czasie jej wzrostu. Jednym z elementów, który jest obecnie mało uwzględniany, jest przerwa czasowa, jaka powstaje w wyniku uwalniania CO_2 w czasie spalania biomasy i ponowne wykorzystanie tego gazu w procesie fotosyntezy dla jej budowy. Problem ten wymaga intensywnych badań, tak aby doprowadzić do jak największego zmniejszenia czasu pomiędzy emisją i sekwestracją CO_2

Kryteria wyboru roślin energetycznych

Kryteria oceny roślin energetycznych, jako surowca do produkcji energii, zależą od formy energii, którą chcemy uzyskać (ciepło, elektryczność, gaz, paliwa płynne) i technologii konwersji biomasy (spalanie, gazyfikacja, piroliza, fermentacja, ekstrakcja tłuszczu). Niektóre gatunki roślin nadają się do prawie wszystkich technologii konwersji, np. olej z rzepaku może być przetwarzany poprzez spalanie, gazyfikację, pirolizę lub mechaniczną bądź chemiczną ekstrakcję, podczas gdy drewno, zboża i rośliny energetyczne są przydatne przede wszystkim do spalania, gazyfikacji i fermentacji. Należy podkreślić, że chociaż niektóre rośliny charakteryzują się specyficznymi cechami, które preferują zastosowanie określonych technik konwersji, to ilość energii potencjalnie dostępnej, z określonej biomasy jest podobna, niezależne od zastosowanej technologii konwersji. To co jest zmienne w zależności od zastosowanych technik konwersji, to ilość energii zyskanej (wydajność).

Czynnikiem zasadniczym w ocenie biomasy jest wysoki plon suchej masy i energii w niej zawartej. Oprócz tego powinniśmy uwzględnić technikę zbioru, fakt czy można biomasę zbierać jednorazowo czy kilkakrotnie w czasie wegetacji, stabilność plonu, trwałość plantacji, zróżnicowany sposób wykorzystania plonu na paszę i różne formy energii, jako surowiec dla przemysłu, oddziaływanie na środowisko w tym bioróżnorodność oraz możliwość uprawy w polikulturze zamiast w monokulturze. Polikultura złożona z roślin energetycznych o podobnym typie i sposobie uprawy, np. z różnych traw, daje wyższy plon w warunkach niższych nakładów, lepiej wykorzystuje zasoby środowiska i z reguły jest mniej porażana przez choroby i szkodniki niż monokultura.

Rośliny energetyczne silnie reagują na miejsce uprawy, determinujące dostępność wody i składników pokarmowych oraz natężenie napromieniowania słonecznego. Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 1. plon miskantusa w różnych krajach Europy wahał się od 5–44 t suchej masy z ha [4, 10].

Tabela 1. Roczne plony suchej masy miskanta w różnych państwach Europy [4]

Państwo	Plon suchej masy [$t \cdot ha^{-1}$]
Dania	5–15
Niemcy	4–30
Wielka Brytania	10–15
Szwajcaria	13–19
Austria	22
Hiszpania	14–34
Grecja	26–44
Włochy	30–32
Polska [10]	16–22

Plony suchej masy roślin energetycznych

W badaniach własnych [2] prowadzonych z 7 gatunkami roślin energetycznych, takimi jak wierzba, spartina, róża wielkokwiatowa, ślazowiec pensylwański, miskantus olbrzymi, rdestowiec czeski, słonecznik bulwiasty, w trzecim roku wegetacji roślin energetycznych, plon suchej masy w granicach 14 t s.m. · ha^{-1} stwierdzono u miskantusa, spartiny i róży, wierzba dawała plon 12 t s.m. · ha^{-1}. Plon pozostałych gatunków, takich jak, ślazowiec, rdestowiec i topinambur to około 6–7 t s.m. · ha^{-1} (tab. 2).

Tabela 2. Plon suchej masy [t · ha^{-1}] w latach 2005–2008 zebranej z roślin energetycznych na poletkach nienawadnianych [badania własne]

Gatunek	2005	2006	2007	2008	Razem	Średni plon	Odchylenie standardowe	
							2005–8	2006–8
Miskant	1,0	11,3	14,1	10,6	37,0	9,3	5,70	1,85
Spartina	0,5	6,4	13,7	8,8	29,4	7,4	5,48	3,72
Wierzba	2,3	13,9	12,0	16,0	44,2	11.1	6,06	2,00
Róża	0,8	8,1	13,9	14,8	37,6	9,4	6,46	3,64
Ślazowiec	2,9	6,0	7,1	3,3	19,3	4,8	2,05	1,96
Rdestowiec	0,8	4,3	6,4	6,0	17,5	4,4	2,55	1,11
Topinambur	9,7	6,3	7,2	2,7	25,9	6,5	2,90	2,38

W następnym 4 roku wegetacji, najwyższe plony rzędu 16 t s.m. · ha^{-1} stwierdzono u wierzby, 14,8 t s.m. · ha^{-1} u róży, 10,6 t s.m. · ha^{-1} u miskantusa, 8,8 t s.m. · ha^{-1} u spartiny, 6 t s.m. · ha^{-1} u rdestowca i około 2–3 t s.m. · ha^{-1} u ślazowca i topinamburu. Sumując plony za 4 lata wegetacji, najwyższe plony rzędu 37–44 t suchej masy z hektara stwierdzono u wierzby, róży i miskantusa oraz zbliżone u spartiny i topinamburu 26–29 t s.m. · ha^{-1}, najniższe u ślazowca i rdestowca około 17–19 t s.m. · ha^{-1}.

Odchylenie standardowe które jest miarą zmienności plonów w okresie 4 lata badań wykazało, że najbardziej zróżnicowane plony w latach badań uzyskano dla róży, wierzby i miskantusa, natomiast najmniejsze dla ślazowca, rdestowca i topinamburu.

Gdy uwzględnimy tylko ostatnie 3 lata badań, gdy plantacje były już wyrośnięte największa zmienność plonowania wystąpiła u róży i spartiny, najmniejsza rdestowca, ślazowca i wierzby. Duża zmienność plonowania spartiny związana jest z wyjątkową skłonnością tej rośliny do wylegania i gnicia biomasy na polu [2].

Analizując plon z plantacji energetycznych należy wziąć pod uwagę klon/odmianę jakość gleby i dostępność wody. W badaniach prowadzonych przez Szczukowskiego i in. [12], na madzie ciężkiej (klasa gleby IIIb) plon jednorocznych pędów wierzby wahał się od 12,5 do 21,5 t. s.m. · ha^{-1} · rok^{-1}. Również plonowanie miskan-

tusa było zróżnicowane w zależności od genotypu (16–22 t s.m. · ha^{-1} · rok^{-1} [8, 11]) i typu gleby [8].

Nie ulega wątpliwości, że na dobrych glebach, zasobnych w wodę, najlepiej plonuje wierzba, róża, miskantus i ślazowiec. Natomiast na glebach słabych, nawet nieużytkach bezkonkurencyjny jest rdestowiec [2, 3].

Trwałość plantacji

Innym istotnym czynnikiem jest trwałość plantacji, wynikająca z reakcji roślin na choroby, szkodniki i warunki agroklimatyczne. Największą trwałością charakteryzuje się plantacja rdestowca i spartiny, które poprzez system korzeniowy mają naturalną tendencję do zagęszczania się. Ponadto nie obserwowano dużego porażenia chorobami i szkodnikami tych plantacji. Podobną trwałość ma miskantus olbrzymi. Roślina ta w wieku 9–10 lat zaczyna tracić środek kępy natomiast rozrasta się na obwodzie. Największe straty po 4–5 lat istnienia plantacji stwierdzono na plantacjach wierzby, ślazowca, róży i topinamburu (tab. 3).

Tabela 3. Przyczyny oraz zakres [%] wypadania roślin różnych gatunków na plantacjach energetycznych [badania własne]

Gatunki	Przyczyna wypadania	% roślin porażonych na poletkach		Obsada [%]	
		nawadniane	nienawadniane	nawadniane	nienawadniane
Ślazowiec pensylwański	zgnilizna twardzikowa	17,4	14,4	80.0	79,7
Wierzba konopianka	susza, pryszczarek mróweczka	19,0	62,6	96,4	92,4
Róża wielkokwiatowa	przymrozki, choroby	brak danych		56,2	62,7

W przypadku ślazowca i topinamburu podstawowym problemem i czynnikiem powodującym wypadanie roślin jest ich porażenie przez zgniliznę twardzikową. Porażenie przez zgniliznę i tendencja do nadmiernego zagęszczania plantacji topinamburu, powodują, że obserwujemy dużą zmienność plonów w latach (od 2,7 do 9,7 t s.m. · ha^{-1}).

Zaskoczeniem była skala porażenia plantacji nienawadnianej wierzby przez pryszczarka mróweczkę. Należy podkreślić, że coroczne ścinanie pędów wierzby, oczyszcza plantacje z pędów porażonych tym szkodnikiem, co zmniejsza szkodliwość pryszczarka. W przypadku róży podstawowym problemem są uszkodzenia przez przymrozki i trudno wytłumaczalne zamieranie niektórych pędów.

Inną rośliną uszkadzaną przez wiosenne majowe przymrozki jest rdestowiec. Roślina ta bardzo szybko rośnie na początku wegetacji i w końcu maja może osiągnąć wysokość 3 m. Prawdopodobnie dlatego, przymrozki w połowie maja, mogą uszkadzać część roślin, które jednak szybko regenerują.

Zróżnicowany sposób wykorzystania biomasy

Zróżnicowany sposób wykorzystania biomasy jest bardzo ważny, ponieważ dzięki niemu można podnieść efektywność jej wykorzystania do produkcji energii oraz obniżyć koszty produkcji. Jak wynika z tabeli 4, rośliny energetyczne mogą być przede wszystkim używane do produkcji ciepła i elektryczności. Niektóre z nich będą się również nadawać do produkcji biogazu, dotyczy to tych gatunków, które charakteryzują się najmniejszą zawartością ligniny, czyli ślazowca, rdestowca i spartiny. Miskantus, wierzba i rdestowiec są używane jako surowiec przemysłowy w przemyśle drzewnym, papierniczym czy farmaceutycznym (wierzba, topinambur). Na podstawie tabeli 4 można stwierdzić, że najbardziej wszechstronnie może być użytkowany topinambur. Należy jednak podkreślić, że ma słabsze cechy energetyczne i emisyjne w porównaniu z innymi gatunkami.

Tabela 4. Możliwość wykorzystania roślin energetycznych

Gatunek	Sposób wykorzystania biomasy				
	pasza	żywność	ciepło elektryczność	biogaz	przemysł
Miskant			++	++	++
Spartina			++	++	
Wierzba			++	+	++
Róża			++	+	
Ślazowiec	++		++	++	
Rdestowiec			++	++	
Topinambur	+++	++	++	+++	++

+++ najbardziej przydatne.

Sposób zbioru

Zbiór biomasy jest jednym z najbardziej kosztownych energetycznie procesów jej produkcji. Wilgotność zbieranej biomasy w czasie zbioru jest różna, co dodatkowo przyczynia się do zwiększenia kosztów jej produkcji z powodu konieczności dosuszania. Rośliny krzewiaste, takie jak wierzba czy róża, muszą być zbierane z użyciem specjalistycznych maszyn co dodatkowo podraża koszty ich produkcji. Reszta roślin energetycznych, szczególnie trawiastych, może być zbierana w formie balotów. Dodatkowym elementem kosztów, związanym ze zbiorem jest konieczność dostarczenia biomasy do zakładu przetwórczego w formie przydatnej do technologii konwersji. Koszty transportu zależą od odległości i gęstości transportowanej energii wyrażonej w $MJ \cdot m^{-3}$.

Badania w Wielkiej Brytanii [13] wykazały, że koszt transportu biomasy do ciepłowni stanowi 70% kosztów całkowitej jej produkcji poczynając od uprawy do włożenia do pieca. Koszty zbioru biomasy w Wielkiej Brytanii przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Koszty zbioru biomasy w Wielkiej Brytanii [10]

Typ biomasy	Forma zbioru biomasy	Koszt zbioru [GBP · t^{-1} suchej masy]
Pozostałości leśne	zrębki	32–37
Słoma zbożowa	baloty	28
Miskant	zrębki	47–54

Zapotrzebowanie roślin energetycznych na wodę

Konsekwencją wysokiej produkcji biomasy, dużego udziału w niej liści i szybkiego wzrostu roślin jest duże zapotrzebowanie roślin energetycznych na wodę. Liście mogą zatrzymać 20–30% opadów, które wyparowują bezpośrednio z nich, nie osiągając powierzchni gleby [11]. Głęboki system korzeniowy sięgający 2–3 m powoduje, że woda z gleby jest pobierana przez korzenie nie przesiąkając do głębszych warstw. W związku z tym, w okresie wegetacji, w strefie korzeniowej może się wytworzyć deficyt wody sięgający 250 mm. Stres wodny redukuje plon biomasy o 50–90 kg · ha^{-1} w przeliczeniu na każdy mm niedoboru wody w glebie. Konsekwencją zastąpienia uprawy pszenicy i traw przez plantacje roślin energetycznych było zmniejszenie ilości opadów, które mogą wykorzystać rośliny o 100–120 mm w wypadku miskantusa i 140–180 mm w wypadku wierzby [11].

Badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii wykazały [11], że tam, gdzie opady są wyższe niż 800 mm rocznie, typ i rodzaj gleby ma niewielki wpływ na plonowanie roślin energetycznych. Natomiast gdy opady atmosferyczne są rzędu 400–500 mm, tak jak w wielu miejscach Polski, założenie plantacji roślin energetycznych może spowodować istotne zmniejszenie zasobów wody w glebie w strefie korzeniowej. Pokrycie 40–65% obszarów zlewni plantacjami roślin energetycznych daje taki sam efekt, jak 30–50% zmniejszenie opadów atmosferycznych. W Szwecji plon suchej masy wierzby i miskantusa rzędu 10 t suchej masy z 1 ha był mało prawdopodobny do uzyskania w suchej, południowej części kraju, podczas gdy w warunkach wilgotnych było możliwe uzyskanie plonu 16 t suchej masy na 1 ha [9].

Fizjologicznym wskaźnikiem efektywności gospodarowania wodą jest wskaźnik WUE (**w**ater **u**se **e**fficiency). W naszych badaniach WUE, wyliczony jako stosunek intensywności fotosyntezy do intensywności transpiracji, wynosił dla poszczególnych roślin: rdestowiec – 7,2, ślazowiec – 5,4, miskantus – 4,4, topinambur – 4,2, spartina – 3,1, róża – 2,4 i wierzba 2,3 μmol CO_2 · mol^{-1} H_2O. Im wyższe wartości WUE tym roślina oszczędniej gospodaruje wodą [3].

Reakcję roślin energetycznych na suszę, możemy również ocenić, porównując ich plonowanie na poletkach nawadnianych i nienawadnianych w latach o małej ilości opadów w okresie wegetacji. W tabeli 6 przedstawiono plonowanie roślin energetycznych w okresie 2 suchych lat 2006 i 2008. W roku 2006 do lipca praktycznie nie było opadów, a średnia dobowa wilgotność powietrza sięgała 50%. W 2008 roku w tym samym okresie spadło około 50 mm opadów.

Tabela 6. Plon biomasy na poletkach nawadnianych i nie nawadnianych w 2006 i 2008 roku [badania własne]

Gatunek	2006		2008		Średnie z 2 lat	
	nawadniane	nie-nawadniane	nawadniane	nie-nawadniane	nawadniane	nie-nawadniane
Miskant	11,3	7,5	15,4	10,6	13,4	9,1 (67,5%)
Spartina	6,4	4,6	11,3	8,8	8,9	6,7 (75,3%)
Wierzba	13,9	8,1	16,0	9,5	15,0	8,8 (58,7%)
Róża	8,1	5,9	16,8	14,8	12,5	10,4 (82,8%)
Ślazowiec	6,0	5,3	7,0	3,3	6,5	4,3 (66,2%)
Rdestowiec	4,3	4,4	9,4	6,0	6,9	5,2 (75,4%)
Topinambur	6,3	5,5	9,0	2,7	7,7	4,1 (53,2%)
Średnie	8,04	5,90 (73,4%)	12,10	7,96 (65,8%)	10,13	6,94 (68,5%)

Jak wynika z danych w tabeli 6 , największe obniżenie plonu pod wpływem suszy miało miejsce w przypadku wierzby. Plony na poletkach nienawadnianych stanowiły tylko 58–59% uzyskiwanych na poletkach nawadnianych. Stosunkowo najbardziej odporna na brak wody okazała się róża wielkokwiatowa, która plonowała na poletkach nienawadnianych w granicach 73–88% i spartina 72–78% w stosunku do wariantu nawadnianego. Rdestowiec w 2006 roku, na poletkach nienawadnianych osiągnął wyższy plon niż na nawadnianych, natomiast w 2008 roku plonował w granicach 63,8%. W sumie za dwa względnie suche lata plon na poletkach nienawadnianych wyniósł 75,4% w stosunku do wariantu nawadnianego.

Zawartość celulozy i ligniny w biomasie

Zawartość celulozy i ligniny w biomasie ma znaczenie wtedy, gdy jest ona przetwarzana na drodze biochemicznej poprzez fermentację metanową lub alkoholową. Biodegradowalność celulozy jest wyższa niż lignin, co powoduje, że biomasa o niskiej zawartości ligniny jest bardziej przydatna do procesów fermentacji. Również wzajemne przestrzenne rozmieszczenie ligniny i celulozy w biomasie ma ogromny wpływ na możliwość wykorzystania celulozy jako surowca do fermentacji. Wartość energetyczna celulozy może się nieznacznie zmieniać w zależności od surowca, przeciętnie ciepło spalania waha się dla celulozy w granicach 17,4 MJ $\cdot$ kg^{-1} podczas gdy ligniny 21,2MJ $\cdot$ kg^{-1}. Niższe ciepło spalania celulozy wynika z jej wyższego poziom oksydacji. Zawartość celulozy i ligniny w różnej biomasie przedstawiono w tabeli 7 [5].

Tabela 7. Zawartość [%] celulozy i ligniny w biomasie różnych surowców [5]

Surowiec	Lignina całkowita	Celuloza	Hemiceluloza
Trawa sudańska	16,1	34,1	16,5
Palczatka Gerarda	17,9	29,6	20,8
Słodkie sorgo	11,3	22,5	13,8
Proso rózgowate	17,6	31,0	24,4
Kukurydza rdzenie kolb	17,7	34,6	22.2
Pszenica słoma	16,9	32,6	22,6
Miękkie drewno	27–30	35–40	25–30
Twarde drewno	20–25	45–50	20–25

Jakość biomasy

Każdy typ biomasy charakteryzuje się specyficznymi cechami, które decydują o jej wartości w procesie spalania, gazyfikacji czy fermentacji. Jednak pomimo zróżnicowania miejsc produkcji i typów biomasy jest ona względnie jednorodna pod względem wielu cech fizycznych i chemicznych w porównaniu z paliwami kopalnymi, takimi jak węgiel czy ropa naftowa. Najważniejszymi cechami decydującymi o przydatności biomasy do produkcji energii są:

Zawartość wody w biomasie. Jest to prawdopodobnie najważniejszy parametr determinujący wartość opałową. Powietrznie sucha biomasa zawiera około 15–20% wody, a jej sztuczne suszenie może zmniejszyć zawartość wody do 0%.

W naszych badaniach [2] w trakcie ontogenezy u większości badanych gatunków obserwowano stopniowe zmniejszanie się zawartości wody w łodygach. Pod koniec wegetacji, we wrześniu, najniższą zawartość wody – około 40% – stwierdzono w łodygach wierzby i róży, następnie w łodygach traw C4 – około 50%, najwyższą zaś u bylin dwuliściennych – około 60–70%. Zawartość wody w plonie biomasy zmieniała się jednak bardzo istotnie w okresie zimy .Wczesną wiosną zawartość wody w plonie wierzby i róży wynosiła około 40%, spartiny – 20% oraz miskantusa, ślazowca i rdestowca – 10%.

Zawartość popiołu. Efektem rozkładu biomasy metodą termiczną, termochemiczną lub biochemiczną są pozostałości stałe. W procesie spalania w powietrzu stanowią one popiół, efektem biochemicznej konwersji są pozostałości organiczne.

Rośliny energetyczne zawierają krzemionkę i potas, które są podstawowymi składnikami tworzącymi popiół. Biomasa roślin energetycznych jest również bogata w chlor w porównaniu do biomasy z innych roślin. Te składniki powodują powstawanie wielu problemów w wyniku spalania biomasy w wysokiej lub średniej temperaturze. W takich warunkach zachodzi:

- Reakcja pomiędzy składnikami zasadowymi a krzemionką, co powoduje powstawanie krzemianów metali, które są w stanie topić się i umiejscawiać w różnych miejscach kotła.

- Reakcja metali z siarką, co prowadzi do powstania siarczanów metali na powierzchni wymienników ciepła.

Materiał alkaliczny odgrywa główną rolę w obu procesach. Potas dominuje, jako źródło substancji alkalicznych w większości biomas. Chlorek potasu jest jednym z najbardziej stabilnych składników w wysokiej temperaturze. Chlor jest istotnym pierwiastkiem w tworzeniu się popiołu, zwiększa on mobilność wielu nieorganicznych składników, szczególnie potasu. W większości przypadków chlor pełni rolę przekaźnika ułatwiając transport składników zasadowych z paliwa do powierzchni kotłów [7].

Zawartość popiołu w biomasie wpływa na jej cenę sprzedaży oraz koszt konwersji. W zależności od zawartości popiołu dostępna energia z biomasy proporcjonalnie się zmniejsza. Stwierdzono, że wartość opałowa jest ujemnie skorelowana z zawartością popiołu. Zwiększeniu zawartości popiołu o 1% towarzyszy zmniejszenie wartości opałowej o 0,2 $MJ \cdot kg^{-1}$ ponieważ popiół nie uczestniczy istotnie w uwalnianiu ciepła, chociaż niektóre składniki popielne mogą być katalizatorami termicznego rozkładu biomasy [7].

W procesie spalania w kotłach z popiołu może tworzyć się szlaka, która pogarsza właściwości grzewcze. Największą zawartością popiołu, dwukrotnie większą niż pozostałe rośliny, charakteryzował się topinambur. Róża, rdestowiec i ślazowiec charakteryzowały się zawartością popiołu w granicach 3–4%, natomiast najniższą – wierzba i miskantus.

Zawartość związków organicznych. Biomasa zawiera więcej substancji organicznych niż węgiel kamienny. Zwykle zawartość substancji organicznej waha się pomiędzy 70–60%, podczas gdy w węglu 10–50%. W typowej biomasie stosunek substancji organicznej do węgla związanego jest >4,0 podczas gdy dla węgla jest zawsze <1,0 [7].

W związkach organicznych, chemiczna energia związana jest w dwóch formach: jako węgiel związany i jako substancje organiczne zdolne do ulatniania się podczas ogrzewania próby w temperaturze 950°C. Zawartość związków organicznych w słomie i wieloletnich roślinach energetycznych sięga 50–60%, podczas gdy w róży i wierzbie –80%.

Zawartość węgla związanego. Duża zawartość węgla związanego determinuje długie spalanie biomasy. Węgiel kamienny bogaty w związany węgiel (antracyt) o niskiej zwartości związków organicznych, spala sie wolno, lecz wydziela duże ilości ciepła. Ocena zawartości związków organicznych i węgla związanego ma sens, gdy biomasa jest wykorzystywana do spalania. Zawartość węgla związanego w biomasie waha się najczęściej od 17 do 21%, podczas gdy w węglu bitumicznym sięga 45% [9]. W topinamburze stwierdzono 11%, w rdestowcu – 16% i w wierzbie – 18–19% węgla związanego.

Skład chemiczny, wartość opałowa i ciepło spalania. Pędy topinamburu charakteryzowały się dwukrotnie większą zawartością siarki, prawie dziesięciokrotnie

większą zawartością chloru i dwukrotnie większą azotu. Azot, chlor i siarka w czasie spalania biomasy tworzą szkodliwe gazy oddziaływujące negatywnie na kotły i środowisko. Jednocześnie zawartość węgla i wodoru w pędach topinamburu była najmniejsza ze wszystkich badanych roślin. Porównanie biopaliw z paliwami kopalnymi, takimi jak węgiel, wskazuje, że większy udział tlenu i wodoru w porównaniu do węgla ogranicza wartość energetyczną paliwa, ponieważ energia zawarta w połączeniach chemicznych pomiędzy węglem a tlenem i węglem a wodorem jest niższa niż w połączeniach pomiędzy węglami.

Węgiel kamienny zawiera 75–90% węgla, podczas gdy w biomasie wielkość ta sięga tylko 50%. To powoduje, że ciepło spalania i wartość opałowa biomasy jest niższa w porównaniu z węglem. Ciepło spalania i wartość opałowa zależą od wielu czynników, miedzy innymi od stosunku liści do łodyg, co jest uzależnione od terminu zbioru oraz warunków agroekologicznych, głównie nawożenia i wymywania składników mineralnych z biomasy. Zmienność wartości opałowej biomasy miskantusa pochodzącej z rożnych genotypów i warunków uprawy wahała się od 16,0 do 16,6 MJ · kg^{-1}, wierzby od 16,8 do 17,5 MJ · kg^{-1}, ślazowca 15,9–16,3 MJ · kg^{-1}.

W badaniach własnych biomasa topinambura i róży charakteryzowała się ciepłem spalania 16–17 MJ · kg^{-1}, rdestowca i ślazowca 17–18 MJ · kg^{-1} , natomiast spartiny, wierzby i miskantusa powyżej 18 MJ · kg^{-1}.

Teoretyczna produkcja energii wyrażona wartością opałową sięgała 190 MJ · kg^{-1} dla wierzby, 160 MJ · kg^{-1} dla miskantusa i róży, 120 MJ · kg^{-1} dla spartiny i w granicach 80–100 MJ · kg^{-1} dla topinamburu, ślazowca i rdestowca (tab. 8).

Tabela 8. Niektóre parametry jakościowe i ilościowe biomasy z roślin energetycznych (wg oceny Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu)

Parametr	Topinambur	Róża	Rdestowiec	Spartina preriowa	Ślazowiec	Wierzba	Miskant olbrzymi
Popiół [%]	10,7	3,4	4,4	3,9	3,1	2,1	1,5
Siarka [%]	0,16	0,07	0,07	0,15	0,06	0,07	0,04
Węgiel [%]	41,4	46,6	46,4	45,9	45,5	46,9	47,0
Wodór [%]	5,04	5,46	5,38	5,77	5,70	5,64	5,71
Azot [%]	1,24	1,09	0,57	0,58	0,43	0,66	0,22
Tlen [%]	35,41	38,11	38,41	39,16	40,43	39,78	41,64
Chlor [%]	0,479	0,055	0,018	0,037	0,055	0,037	0,111
Ciepło spalania [MJ · kg^{-1}]	16,05	16,93	17,96	18,03	17,63	18,55	18,37
Wartość opałowa[MJ · kg^{-1}]	14,8	16,93	16,67	16,66	16,26	17,2	17,03
Średni plon [t s.m. · ha^{-1}]	6,5	9,4	4,4	7,4	4,8	11,1	9,3
Średnia energia* [MJ · ha^{-1}]	96,2	159,1	73,3	123,3	78,1	190,9	158,4

*Średni plon z tabeli 1 × wartość opałowa.

Wnioski

1. Względna zawartość celulozy, hemicelulozy i lignin jest podstawowym elementem determinującym technologię konwersji biomasy roślin energetycznych. Do spalania pożądane są rośliny o wysokiej zawartości ligniny, do fermentacji metanowej – o jak najmniejszej.
2. Wszystkie rośliny mogą podlegać spalaniu lub termochemicznej konwersji.
3. Wartość energetyczna biomasy, szczególnie gdy wyrażona jest na bazie suchej masy pozbawionej popiołu, jest podobna i waha się w granicach 16–18 $MJ \cdot kg^{-1}$.
4. Podstawowym kryterium przydatności roślin energetycznych do produkcji energii jest plon suchej masy, koszty jego uzyskania, reakcja roślin na suszę, trwałość plantacji oraz wartości emisyjne biomasy.
5. Największy teoretyczny plon energii z jednostki powierzchni uzyskujemy z plantacji wierzby, róży, miskantausa i spartiny.
6. W warunkach względnie dobrych, a przede wszystkim wilgotnych gleb, najlepszymi właściwościami charakteryzuje się wierzba. Gdy wilgotność gleby się zmniejsza rośnie przewaga traw C-4: miskantusa i spartiny. Na glebach najsłabszych i przede wszystkim suchych, bezkonkurencyjny jest rdestowiec.

Literatura

[1] Cassida A., Muir J.P.,Cass A., Muir J.P., Hussey M.A., Read J.C., Venuto B.C., Ocumpaiughi W.R. 2005. Biofuel component concentration and yield of switchgrass in south central US environments. *Crop Sci.* 45: 682–92.

[2] Chołuj D., Podlaski S. 2008. Kompleksowa ocean biologiczne przydatności 7 gatunków roślin wykorzystywanych w uprawach energetycznych. W: Energia Odnawialna Gradziuk P. (red.), Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie, Oddział Poświętne w Płońsku.

[3] Chołuj D., Podlaski S., Wiśniewski G., Szmalec J. 2008. Kompleksowa ocena biologicznej przydatności 7 gatunków roślin wykorzystywanych na cele energetyczne. Uprawa Roślin Energetycznych a Wykorzystanie Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej w Polsce. Raporty IUNG – PIB. Zeszyt 11: 81–99.

[4] «http://www.eubia.org». European Biomass Assocation.

[5] «http://www.eere.energy.gov». USDE. Biomass Program. Energy Efficiency& Renewable energy.

[6] Jenkins B.M. 1989. Physical properties of biomass. W: O. Kitani, C.W. Hall (red.), Biomass Handbook, Chap. 5.2, Gordon & Breach, New York, NY.

[7] Jenkins B.M., Baxter L.L., Miles T.R., Jr Miles T.R. 1998. Combustion properties of biomass. *Fuel Processing Technology* 54(1–3): 17–46.

[8] Jeżowski S., Głowacka K., Bocianowski J. 2007. Zmienność wybranych klonów traw olbrzymich z rodzaju *Miscanthus* pod względem plonowania w pierwszych latach uprawy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol*. 517: 339–348

[9] McKendry P. 2002. Energy production from biomass (part1): overview of biomass. *Bioresource Technology* 83.1: 37–46.

[10] Kuś J., Faber A., Stasiak M., Kawalec A. 2008. Produkcyjnośc wybranych gatunków roślin uprawnych na cele energetyczne w różnych siedliskach. W: Uprawa roślin energetycznych a wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*. 11: 67–80.

[11] Stephens W., Hess T., Knox J. 2001. Review of the effects of energy crops on hydrology. Institute of Water and Environment, Cranfield University, Silsoe: 1–71.

[12] Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Grzelczyk M. 2005. Produktywnośc wierzb pozyskiwanych w jednorocznych cyklach zbioru. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 4(1): 141–151.

[13] UK Department of Trade and Industry. 2007. UK Biomass Strategy. Working Paper 1 – economic analysis of biomass energy. 1–82. Energy Technology Unit. May 2007. URN 07/950.

Production of biomass from energy crops

Key words: energy crops, characteristics, biomass yield

Summary

The amount of energy potentially available from different plant species is similar, however different are actual amount of recovered energy from biomass source and the form of that energy. That depend on efficiency of applied conversion technology. The main factors which determine usefulness of energy crops to production of energy are: yield of dry matter, yield of energy per hectare and net energy yield per area unit in particular. Under Polish agroecological conditions the highest theoretical yields of energy were obtained from plantation of willow (*Salix vinimalis*), rose (*Rosa multiflora*), miscanthus (*Miscanthus gigantheus*) and prarie cordgrass (*Spartina pectinata*).When the soil moisture content drops the advantage of C4 grasses is growing (miscanthus and prarie cordgrass). On the weak dry soil the giant knotweed is unrivalled.

Spis treści

Wieś, rolnictwo i agrobiznes polski pięć lat po akcesji do UE
(Seminarium Wydziału Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych PAN oraz Komitetu Ekonomiki Rolnictwa PAN)

B. Klepacki — Wprowadzenie 5

A. Kowalski, W. Józwiak — Sytuacja rolnictwa polskiego w warunkach objęcia wspólną polityką rolną 11

R. Urban — Stan i możliwości rozwojowe polskiego przemysłu spożywczego. 23

W. Poczta — Potencjał i pozycja konkurencyjna polskiego sektora rolno-żywnościowego na rynku europejskim 35

B. Klepacki, S. Stańko — Formy wsparcia rozwoju rolnictwa i wsi w Polsce 57

A. Bołtromiuk — Środowiskowe efekty wspierania rozwoju obszarów wiejskich z funduszy unijnych 71

* * *

D. Czykier-Wierzba, P. Wierzba — Pomoc z budżetu ogólnego Unii Europejskiej dla Polski w latach 2004–2008 i jej efekty 93

E. Grabczyńska, M. Kiełkiewicz — Transgeniczne warzywa o zwiększonej odporności na szkodniki. 105

M. Cieślińska — Wirusy i fitoplazmy orzecha włoskiego i leszczyny. 121

T. Strabel — Selekcja genomowa – nowe narzędzie w doskonaleniu zwierząt 133

A. Krzepiłko — Znaczenie reakcji wolnorodnikowych w toksyczności insektycydów dla organizmów ssaków 151

S. Podlaski, D. Chołuj, G. Wiśniewski — Produkcja biomasy z roślin energetycznych 163

Contents

The forms of supporting development in agriculture and rural areas in Poland
(Seminar of the Division of Agricultural, Forestry, and Veterinary Sciences PAS and the Committee on Agricultural Economics PAS

B. Klepacki — Introduction. 5

A. Kowalski, W. Józwiak — The situation of Polish agriculture in terms of covering with the common agricultural policy 11

R. Urban — State and development possibilities of Polish food industry . . . 23

W. Poczta — Competitive potential and competitive position of Polish agri-food sector on the European market 35

B. Klepacki, S. Stańko — Forms of supporting development in agriculture and rural areas in Poland 57

A. Bołtromiuk — Environmental results of rural development support from the EU funds 71

* * *

D. Czykier-Wierzba, P. Wierzba — Support for Poland from general budget of the European Union within 2004 and 2008 and its results 93

E. Grabczyńska, M. Kiełkiewicz — Pest-resistant transgenic vegetables. . . 105

M. Cieślińska — Viruses and phytoplasmas of walnut and hazelnut 121

T. Strabel — Genomic selection – a new method for genetic improvement of the livestock 133

A. Krzepiłko — The role of free radical reactions for insecticide toxicity to mammal organisms 151

S. Podlaski, D. Chołuj, G. Wiśniewski — Production of biomass from energy crops 163