

Postępy nauk rolniczych

2/2007

*Polska Akademia Nauk
Wydział Nauk
Rolniczych, Leśnych
i Weterynaryjnych*

*Dwumiesięcznik
nr 327 rok 59*

Rada Redakcyjna

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

Redakcja

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

Adres Redakcji

00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki, pokój 2102
tel. 826-05-87, 656-60-17
e-mail: Wydzial5@pan.pl

Wydanie publikacji dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Opracowanie redakcyjne, korekta i skład — Danuta Borecka

PL ISSN 0032-5547

Nakład 200 egz. Ark. wyd. 10,5. Ark. druk. 9,25.
Skład — DABOR 02-795 Warszawa ul. Kazury 22/27,
tel. 0 22 649-18-99, 600-37-29-29
Druk — Warszawska Drukarnia Naukowa PAN,
00-656 Warszawa ul. Śniadeckich 8, tel./faks 0 22 628 87 77

Polerowirusy i ich szkodliwość

Katarzyna Golnik¹, Anna Kozłowska-Makulska²

¹*Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemiaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin,
ul. Platanowa 19, 05-831 Młochów
e-mail: k.golnik@ihar.edu.pl*

²*Katedra Fitopatologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
e-mail: kozłowska@alpha.sggw.waw.pl*

Słowa kluczowe: *Luteoviridae*, *Polerovirus*, BYDV, BMYV, PLRV

1. Wstęp

Polerowirusami nazywane są wirusy należące do rodzaju *Polerovirus* zaliczane do rodziny *Luteoviridae*. Wirusy te porażają rośliny powodując znaczne straty w różnorodnych uprawach [1, 43]. Są zagrożeniem zarówno dla upraw rolniczych (zboż, kukurydzy, buraka cukrowego, ziemniaka, tytoniu, trzciny cukrowej) jak i ogrodniczych (sałaty, czy roślin dyniowatych). Mimo dużej szkodliwości gospodarczej i częstego występowania polerowirusy stosunkowo długo pozostawały mało poznana grupą wirusów. Aż do końca lat siedemdziesiątych XX wieku niewiele wiadomo było o ich budowie, a wykrywano je albo testami biologicznymi, albo tzw. testem skrobiowym (jodynowym) lub kalozowym, który nigdy nie był do końca wiarygodny. Trudności badania polerowirusów związane były także z bardzo niską zawartością tych wirusów w porażonych roślinach i z ich lokalizacją we floemie, co znacznie utrudniało uzyskanie niezbędnej do badań ilości oczyszczonego wirusa. Ponadto wirusy te nie przenoszą się mechanicznie i do inokulacji zawsze trzeba używać wektorów, jakimi są mszyce.

Rozwój technik badawczych pozwolił na wyjaśnienie nieznanych dotąd mechanizmów funkcjonowania polerowirusów jako patogenów roślin. Do postępu w tych badaniach walenie przyczyniło się opracowanie efektywnej metody oczyszczania polerowirusów z wykorzystaniem odpowiedniej mieszaniny enzymów pektolitycznych i celulolitycznych znanej pod handlową nazwą Drizelaza [15]. Enzymy te ułatwiają uwalnianie cząstek polerowirusów z tkanki roślinnej. Uzyskanie znacznej

ilości dostatecznie czystego wirusa ułatwiło produkcję surowic, a potem przyczyniło się też do postępu w badaniach nad molekularną strukturą i analizą funkcjonalną genów polerowirusów. W ostatnich dwudziestu latach dokonano wielu interesujących odkryć i wyjaśniono różne niejasności dotyczące tej grupy wirusów. Wydaje się, że warto dokonać przeglądu tych ujawnionych sekretów polerowirusów, zwłaszcza że również w naszym kraju wirusy te występują powszechnie i powodują znaczące straty gospodarcze.

Klasyfikacja polerowirusów

Przez długi czas jedynym kryterium klasyfikacji wirusów były właściwości biologiczne, a w szczególności zakres roślin-gospodarzy, ich reakcje na wirusy, czy specyficzność przenoszenia przez wektory. Na tej podstawie w 1975 roku utworzono grupę Luteoviruses [48] reprezentowaną przez 3 wirusy: wirus żółtej karłowatości jęczmienia (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV), wirus zachodniej żółtaczki buraka (*Beet western yellows virus*, BWYV) oraz wirus karłowatości soi (*Soybean dwarf virus*, SDV). Właśnie od objawów powodowanych przez te wirusy pochodzi nazwa grupy (*luteus* – żółty). Przyjmowane wówczas kryteria klasyfikacyjne (typ objawów wywoływanych przez dany wirus, specyficzne przenoszenie przez określone gatunki mszyc i niektóre właściwości fizykochemiczne cząstek wirusowych) wydawały się niewystarczające. Dodano do tego bardzo istotną cechę – właściwości serologiczne [22]. Przyjęcie tych zasad oraz uzyskanie nowych danych o różnych wirusach pozwoliło już w V Raporcie ICTV zaliczyć aż 12 wirusów do grupy luteowirusów [13, 20].

Aktualnie obowiązująca klasyfikacja wirusów została opisana w VIII Raporcie ICTV [14]. Dotychczas uznawane grupy wirusów stały się rodzinami lub rodzajami, w których wyróżniono gatunki wirusów. W 1999 roku oficjalnie przyjęto [29] zaproponowaną w 1997 roku przez D’Arcy i Mayo [16] rodzinę *Luteoviridae*, w której oprócz wirusów przyporządkowanych do trzech uznanych rodzajów wyróżnia się także wirusy nie należące do któregokolwiek z nich (tab. 1). Jako jedno z ważniejszych kryteriów do wyodrębnienia poszczególnych rodzajów przyjęto rozróżnienie dwóch typów genu polimerazy oraz różnice w sekwencji białka płaszcza.

Polerowirusy są sklasyfikowane w rodzinie *Luteoviridae*. W skład tej rodziny wchodzi jeszcze dwa inne rodzaje: *Luteovirus* i *Enamovirus* oraz kilka gatunków wirusów nieprzypisanych do żadnego z trzech rodzajów. Do rodzaju *Polerovirus* zaliczanych jest dziewięć gatunków z dwudziestu sześciu zgromadzonych w tej rodzinie [14, 29]. Ostatnio uznanymi przez ICTV gatunkami są *Beet chlorosis virus* (BChV) i *Turnip yellows virus* (TuYV) oraz *Sugarcane yellow leaf virus* (ScYLV) [14].

Tabela 1. Gatunki wchodzące w skład rodzajów wyróżnionych w obrębie rodziny *Luteoviridae* [14, 29] (polskie nazwy wirusów według Kryczyńskiego [30])

Rodzaj	Gatunek
Polero-virus	<i>Beet chlorosis virus</i> , BChV → wirus chlorozy buraka
	<i>Beet mild yellowing virus</i> , BMYV → wirus łagodnej żółtaczki buraka
	<i>Beet western yellows virus</i> , BWYV → wirus zachodniej żółtaczki buraka
	<i>Cereal yellow dwarf virus-Rhopalosiphum padi virus</i> , CYDV-RPV → wirus żółtej karłowatości zbóż-RPS
	<i>Cereal yellow dwarf virus-Rhopalosiphum padi severe</i> , CYDV-RPS → wirus żółtej karłowatości zbóż-RPV
	<i>Cucurbit aphid-borne yellows virus</i> , CABYV → wirus żółtaczki dyniowatych przenoszony przez mszyce
	<i>Potato leafroll virus</i> , PLRV → wirus liściozwoju ziemniaka
	<i>Sugarcane yellow leaf virus</i> , ScYLV → wirus żółtaczki liści trzciny cukrowej*
	<i>Turnip yellows virus</i> , TuYV → wirus żółtaczki rzepy
Luteo-virus	<i>Barley yellow dwarf virus-Myzus ascalonicus virus</i> , BYDV-MAV → wirus żółtej karłowatości jęczmienia MAV
	<i>Barley yellow dwarf virus-Rhopalosiphum padi</i> , <i>Sitobion avenae</i> , severe, BYDV-PAS → wirus żółtej karłowatości jęczmienia-PAS
	<i>Barley yellow dwarf virus-Rhopalosiphum padi</i> , <i>Sitobion avenae</i> , virus, BYDV-PAV → wirus żółtej karłowatości jęczmienia-PAV
	<i>Bean leafroll virus</i> , BLRV → wirus liściozwoju fasoli
	<i>Soybean dwarf virus</i> , SbDV → wirus karłowatości soi
Enamo-virus	<i>Pea enation mosaic virus-1</i> , PEMV1 → wirus 1 ostrej mozaiki grochu
Nie zaliczo-ne do rodzaju	<i>Barley yellow dwarf virus-GPV</i> , BYDV – <i>Schizaphis graminum</i> , <i>Rhopalosiphum padi</i> , virus → wirus żółtej karłowatości jęczmienia-GPV
	<i>Barley yellow dwarf virus-Rhopalosiphum maidis virus</i> , BYDV-RMV → wirus żółtej karłowatości jęczmienia-RMV
	<i>Barley yellow dwarf virus-Schizaphis graminum virus</i> , BYDV-SGV → wirus żółtej karłowatości jęczmienia-SGV
	<i>Carrot red leaf virus</i> , CtrLV → wirus czerwienienia liści marchwi
	<i>Chickpea stunt disease associated virus</i> , CpSDaV → wirus karłowatości ciecierzycy
	<i>Groundnut rosette assistor virus</i> , GRAV → wirus towarzyszący rozetowatości orzeszka ziemnego
	Indonesian soybean dwarf virus, ISDV → indonezyjski wirus karłowatości soi
	<i>Strawberry mild yellow edge associated virus</i> , SMYEaV → wirus łagodnej żółtaczki brzegów liści truskawki
	<i>Sweet potato leaf speckling virus</i> , SPLSV → wirus drobnej plamistości batata
	<i>Tobacco necrotic dwarf virus</i> , TNDV → wirus nekrotycznej karłowatości tytoniu
<i>Tobacco vein distorting virus</i> , TVDV → wirus zniekształcenia nerwów tytoniu*	

* Wirus nowy – polska nazwa zaproponowana przez cytowanego autora.

ICTV definiuje gatunek wirusa jako politetyczną, czyli wyróżnioną na podstawie wielu cech, grupę (zbiór) wirusów mających wspólne cechy, reprezentujących ciągłą linię filogenetyczną i zajmujących określoną niszę ekologiczną [41]. Wśród cech szczególnie przydatnych do wyodrębniania gatunków wymienia się: homologię sekwencji nukleotydowych w genomie, zakres naturalnych żywicieli, sposób przeniesienia, patogeniczność i cytopatologię, powinowactwo do określonych tkanek i struktur komórkowych, fizykochemiczne właściwości wirionów czy antygeniczne właściwości białek wirusowych [29].

W przypadku polerowirusów poznanie ich sekwencji nukleotydowej spowodowało wyjątkowo duże zmiany klasyfikacji. Na przykład, we wcześniejszym okresie badań wszystkie izolaty BYDV i CYDV były łączone w jeden gatunek i jako wirusy porażające rośliny jednoliścienne zaliczano je do rodzaju *Luteovirus* [34]. Obecnie, izolaty wcześniej uznawane za odrębne szczepy BYDV są uznawane za odrębne gatunki należące ponadto do różnych rodzajów. Powoduje to pewne rozbieżności między publikacjami opracowywanymi w różnych okresach lub przez różnych autorów. Na przykład, wirusy uznawane wcześniej za szczepy BYDV, obecnie zaś różne gatunki zaliczane do dwóch różnych rodzajów, są w wielu publikacjach, zwłaszcza dotyczących szkodliwości gospodarczej, nadal rozpatrywane wspólnie jako sprawcy choroby żółtej karłowatości jęczmienia [3]. Kolejnym przykładem problemów w klasyfikacji może być *Turnip yellows virus*, który często jest opisywany jako szczep BWYV. Problemy dotyczące klasyfikacji polerowirusów porażających buraki zostały opisane w pracy Stevensa i in. [50].

Uzyskiwanie kolejnych sekwencji nukleotydowych prowadzi do dalszych propozycji zmian w klasyfikacji. Warto wspomnieć o proponowanej dużej zmianie w klasyfikacji *Luteoviridae*. Miller i in. zauważają, że rodzaj *Luteovirus* ma wiele cech wspólnych z rodzajem *Tombusvirus* natomiast rodzaj *Polerovirus* jest bardziej podobny do rodzaju *Sobemovirus* (opisano w części 3). Zaproponowano zebranie wszystkich pokrewnych wirusów z rodzin *Tombusviridae* i *Luteoviridae* w jeden rząd *Tombusvirales* [34] jednak propozycja nie uzyskała dotychczas poparcia.

Organizacja genomu polerowirusów i wpływ procesu rekombinacji na ich zmienność

Genom polerowirusów zbudowany jest z pojedynczej nici RNA o wielkości 5,6–5,7 kDa, na której zakodowana jest w sposób sensowny (orientacja dodatnia) informacja o co najmniej sześciu białkach. Do końca 5' kwasu nukleinowego przyłączone jest białko VPg (viral genome-linked protein). Koniec 3' nie ma specyficznej struktury tRNA ani powtarzających się długich sekwencji nukleotydów adeninowych [33].

Klasyfikacja wirusów z rodziny *Luteoviridae* sprawia tak duże trudności, ponieważ jest to grupa, w której ewolucji bardzo dużą rolę odegrał proces rekombinacji,

czyli wymiana homologicznych fragmentów genomu między różnymi wirusami. W tej rodzinie najważniejsze miejsca rekombinacji (tzw. hot-spot) pokrywają się z rejonami transkrypcji subgenomowych RNA [35, 36].

Koniec 5' genomu *Luteoviridae* ulega ekspresji bezpośrednio z genomowego RNA. Budowa tego fragmentu genomu jest różna u poszczególnych rodzajów z rodziny *Luteoviridae*. Wirusy z rodzaju *Luteovirus* mają w tym fragmencie genomu jedynie dwie otwarte ramki odczytu (open reading frame, ORF), a jego sekwencja i mechanizmy regulujące ekspresję są najbardziej zbliżone do opisywanych dla rodziny *Tombusviridae* (szczególnie rodzaj *Dianthovirus*). Natomiast obecność białka VPg i trzech otwartych ramek odczytu oraz wielkość proteiny P1 i obecność w niej domeny proteinyazy, upodabniają ten fragment genomu polerowirusów do wirusów z rodzaju *Sobemovirus* [34].

Kolejny fragment genomu kodujący trzy białka (P3, P4 i P5) jest charakterystyczny dla całej rodziny *Luteoviridae*. Jedynie enamowirus nie ma białka P4, lecz mechanizmy ekspresji są zbliżone dla całej rodziny. Oczywiście istnieją różnice w sekwencji pomiędzy różnymi gatunkami i rodzajami. Białka znajdujące się w tym rejonie genomu są w dużej mierze odpowiedzialne za biologiczne właściwości wirusów, takie jak transport w roślinie czy przenoszenie przez mszyce.

Przy końcu 3' genomu znajduje się region, który ulega transkrypcji do kolejnych subgenomowych RNA. Mechanizmy transkrypcji i przypuszczalne otwarte ramki odczytu w tym rejonie są różne dla rodzajów *Luteovirus* i *Polerovirus*. W przypadku luteowirusa BYDV w tym rejonie znajduje się także sekwencja odpowiedzialna za rozpoczęcie translacji białka P1. Jest to bardzo specyficzny mechanizm występujący także w rodzinie *Tombusviridae*, lecz nieobecny w rodzajach *Polerovirus* i *Enamovirus* [34].

Kolejne wirusy takie jak PEMV-1, SbDV, BLRV, ScYLV oraz BWYV mogły powstać w wyniku rekombinacji pomiędzy wcześniej powstałymi gatunkami wirusów z rodzajów *Polerovirus* i *Luteovirus* [50]. Występowanie tak częstych rekombinacji bardzo utrudnia klasyfikację poszczególnych gatunków.

Ekspresja i funkcja poszczególnych białek polerowirusów

Białka polerowirusów noszą kolejne numery (P0–P7) rosnące od końca 5' w kierunku końca 3'. Pierwsze białko, **P0** ma wielkość 28–30 kDa. Funkcja tego białka w roślinie wiąże się z supresją potranskrypcyjnego wyciszania genów (Posttranscriptional Gene Silencing, PTGS). PTGS jest mechanizmem obrony rośliny przed wirusami, powodującym degradację RNA wirusowego.

Według najnowszych doniesień [38] to obecność domeny F-box (konserwatywna sekwencja LPxxI/L) jest konieczna do uruchomienia mechanizmu pozwalającego na pokonanie naturalnego systemu odpornościowego rośliny. Białko P0, najprawdopodobniej występujące w roślinach w bardzo niskim stężeniu [50], jest nieodzowne

do akumulacji wirusa w roślinie. Mutanty wirusa, w których białko to nie ulegało ekspresji, nie namnażały się w roślinie [47]. Ciekawe jest, że mutacje wprowadzane w celu wzmocnienia ekspresji białka P0 były niestabilne, co tłumaczyć można między innymi tym, że wzmożona ekspresja P0 powoduje zaburzenia metabolizmu roślin-gospodarzy, a więc i polerowirusów [39].

Sekwencje białek P0 różnych polerowirusów są do siebie stosunkowo mało podobne. Różnice między białkami P0 mogłyby odpowiadać odmiennym gatunkom roślin porażanych przez poszczególne wirusy [46, 57]. Blisko spokrewniony rodzaj wirusów – sobemowirusy, ma w swym genomie proteinę P1 odpowiadającą białku P0 polerowirusów. P1 było uważane za białko transportowe sobemowirusów. Doświadczenia z CfMV (*Cocksfoot mottle virus*) wykazały, że ten homolog białka P0 ma zdolność wiązania RNA. Obecnie niektóre wyniki wskazują, że może ono także pełnić funkcję w supresji wyciszania genów [53].

Białko P0 polerowirusów jest w genomie poprzedzone krótką sekwencją promotorową rozpoczynającą transkrypcję. Transkrypcja P0 rozpoczyna się od pierwszego kodonu AUG. Jednak lokalizacja tego kodonu powoduje, że część rybosomów pomija go (leaky scanning) i rozpoczyna transkrypcję dopiero od kolejnego kodonu AUG dając proteinę P1 [50].

Białka **P1** (66–72 kDa) i **P2** (65–72 kDa) odpowiadają za replikację wirusa. Z części białka P1 znajdującej się przy końcu C jest wydzielane białko VPg [50]. Dla PLRV białko VPg (7 kDa) jest wydzielane tylko z P1. Nie jest pewne czy część białka P2 jest włączona do większego (17 kDa) białka VPg dla CYDV-RPV [26]. Doświadczenia z przeciwciałami na różne fragmenty białka P1 udowodniły, że w komórkach roślinnych znajduje się białko o wielkości 25 kDa. Białko to może być prekursorem proteiny VPg [40]. Białko P2 ma domenę polimerazy RNA zależnej od RNA (RdRp) [33]. Białko P2 jest transkrybowane poprzez mechanizm przesunięcia ramki odczytu w obrębie sekwencji białka P1 dając łączny produkt transkrypcji o wielkości około 118 kDa.

Po ramce odczytu ORF2 (open reading frame 2) następuje dwustunukleotydowy region nie kodujący żadnego białka. Kolejne białka są syntetyzowane z subgenomowego RNA, powstającego po przyłączeniu wirusowej RdRp do odpowiedniego miejsca w obrębie tego nie kodującego regionu na antysensownej nici RNA w czasie replikacji wirusa [50].

Białka **P3** (22–23 kDa) i **P5** (50–56 kDa), tworzą kapsyd wirusa. Białkowa okrywa chroni i stabilizuje cząsteczkę RNA wirusa, bierze udział w przemieszczaniu wirusa w roślinie i jego przenoszeniu przez wektora. P3 jest podstawowym białkiem płaszcza i dominuje w strukturze kapsydu. Białko P5 powstaje na skutek niezatrzymania reakcji translacji na końcowym kodonie (UAG) białka P3 jako produkt o wielkości 76–90 kDa. Białko P5 ma kilka funkcji. Jest nieodzowne w procesie przenoszenia wirusa przez mszyce [11]. Nawet zmiana pojedynczego aminokwasu w budowie białka P5 wirusa liściozwoju (PLRV) prowadzi do znacznego obniżenia efektywności przenoszenia przez mszyce [28]. Mutanty wirusa nie mające funkcjonalnego białka

P5 dokonywały infekcji i namnażały się w roślinie, lecz ich koncentracja była mniejsza, powodowały słabsze objawy i przemieszczały się wolniej niż formy mające to białko [6].

Wszystkie luteowirusy mają kuliste, izometryczne cząsteczki o średnicy 25–30 nm. Cząstki te mają symetrię $T = 3$ zbliżoną do foremego dwudziestościanu (ikosaedr). Składają się ze 180 podjednostek białkowych. Każdą podjednostkę stanowi tzw. białko kapsydu o wielkości 21–23 kDa. Białko P5 jest włączane do kapsydu razem ze swoją częścią stanowiącą proteinę P3. Część odpowiadająca proteinie P3 buduje kapsyd, natomiast dodatkowa część białka P5 jest najprawdopodobniej umieszczona na powierzchni kapsydu tworząc wyrostki na jego powierzchni. Stworzono model struktury kapsydu PLRV. Do jego powstania wykorzystano podobieństwo genu kapsydu PLRV i RYMV (*Rice yellow mottle sobemovirus*) o znanej strukturze przestrzennej. Podobieństwo sekwencji obu genów wynosiło 33% [56]. Duże znaczenie w poznaniu struktury białka kapsydu i funkcji poszczególnych jego fragmentów mają badania oparte na wprowadzaniu mutacji do tego genu [8, 31].

Białko **P4** (17–21 kDa), podobnie jak P1, powstaje na skutek pominięcia przez rybosomy pierwszego miejsca rozpoczęcia translacji. W tym przypadku cała sekwencja białka P4 znajduje się w obrębie sekwencji białka P3, a pierwsze, pomijane miejsce translacji odpowiada białku P3 [33]. Białko P4 potrzebne jest do systemicznego opanowania rośliny przez wirus [50].

W ostatnim czasie została opisana kolejna otwarta ramka odczytu dla genomu wirusa PLRV. Koduje ona białko wielkości 5 kDa nazwane **Rap1**, które jest związane z replikacją wirusa. Mutanty, które nie produkowały tej proteiny, nie ulegały replikacji w komórkach roślinnych. Sekwencja nukleotydowa Rap 1 jest zlokalizowana w obrębie sekwencji kodującej białko P1, lecz ramki odczytu obu protein są względem siebie przesunięte. Białko Rap 1 ulega translacji z genomowego RNA. Rozpoczyna się od tysiąc pięćsetnego nukleotydu licząc od końca 5'. Ciekawy jest mechanizm inicjacji translacji. Rybosomy są przyłączane do RNA nie na końcu 5' nici, lecz w jej środku, blisko kodonu rozpoczynającego translację (internal ribosomal entry site, IRES). Sekwencja promująca przyłączanie się rybosomów w tym miejscu jest umieszczona poniżej kodonu AUG rozpoczynającego translację i jest stosunkowo krótka (GGAGAGAGAGG). Taka struktura miejsca rozpoczęcia translacji jest wyjątkowa. Warto zauważyć, że znajduje się jedynie w odległości 100 nukleotydów przed miejscem odpowiedzialnym za przesunięcie ramki odczytu zachodzące przy transkrypcji ORF2 [27].

Doświadczenia z użyciem techniki Northern-blot udowodniły, że zarówno PLRV, CABYV, jak i izolaty BWYV z sałaty [19], mogą tworzyć w warunkach infekcji naturalnej drugi subgenomowy fragment RNA – sgRNA2 [2]. Fragment ten dla PLRV odpowiada nukleotydom 5190–5987 genomu wirusa. Koduje on dwa białka zwane P6 i P7. Funkcja tych białek nie jest znana, wiadomo jedynie, że P7 wykazuje zdolność do wiązania kwasów nukleinowych [55].

Przenoszenie polerowirusów przez owady

Wirusy z rodziny *Luteoviridae* są przenoszone przez mszyce krążeniowo i podobnie jak większość wirusów krążeniowych nie namnażają się w wektorze [51]. Zostają jedynie pobrane przez wektora, przemieszczają się przez jego układ pokarmowy i krążenia do ślinianek, a następnie są wstrzykiwane do roślin wraz ze śliną. Aby cząstki wirusa zostały pobrane przez wektora konieczny jest okres żerowania trwający co najmniej 2 godziny. Żerowanie mszyc przez kolejne 2–3 dni wyraźnie zwiększa wydajność przenoszenia wirusa [55]. Każdy gatunek wirusa jest przenoszony przez specyficzny dla niego gatunek lub czasami gatunki mszyc. Ostatnio udowodniono, że białko P5 odpowiada za specyficzność przenoszenia polerowirusów przez różne gatunki mszyc [9]. Oczywiście jeden gatunek mszycy może przenosić kilka gatunków wirusów. Efektywność przenoszenia wirusa zależy w dużym stopniu od specyfiki wektorów, np. stadium rozwoju, klonu, biotypu [43]. Przenoszenie polerowirusów przez różne gatunki mszyc było pierwszym kryterium podziału poszczególnych izolatów BYDV na szczepy. Podział ten został wprowadzony przez W. Rochową już w 1970 roku [44, 45]. Stąd też wzięły się tajemnicze skróty używane do dziś w nazwach gatunków polerowirusów (opisane w tabeli 1).

Wirusy z rodziny *Luteoviridae* nie ulegają w wektorze żadnym przemianom [7]. Najprawdopodobniej cząstki wirusa, oddziałują ze specyficznym białkiem, symbioniną GroEL, produkowaną przez obecne w hemolimfie mszyc endosymbiotyczne bakterie z rodzaju *Buchnera* [25]. Symbionina ma zbliżoną budowę do bakteryjnych białek szoku cieplnego, wchodzących w skład tzw. białek opiekuńczych (ang. chaperone – przyzwoitka), a dokładniej do białek z rodziny HSP70. Oddziaływanie z symbioniną może zapewniać stabilność cząstek wirusa w organizmie mszycy. Cząstki wirusa przedostają się z układu pokarmowego do hemolimfy a stąd, zabezpieczone przez symbioninę, do ślinianek. Po krótkim okresie latencji (1–3 dni) w czasie kolejnego żerowania wirus może zostać wprowadzony wraz ze śliną do floemu kolejnej rośliny. Mszyce zachowują zdolność przenoszenia wirusa przez długi czas, często przez cały okres swojego życia [54].

Na swojej drodze w wektorze wirus musi pokonać kilka błon plazmatycznych. W tym celu musi zajść interakcja między wirusem a komórką gospodarza. Moment, w którym następuje specyficzna interakcja między wirusem i odpowiednim gatunkiem wektora ma miejsce na poziomie ślinianek, a dokładniej pomocniczego gruczołu ślinowego (accessory salivary gland, ASG) [51].

Część wirusów, chociażby z dawnej grupy BYDV, może zapożyczyć białka kapsydu od pokrewnych gatunków. W takim wypadku, np. w czasie mieszanych infekcji, dany wirus może być przenoszony przez niespecyficznego dla niego wektora [51].

W tym miejscu warto wspomnieć, że występowanie polerowirusów w roślinach jest ograniczone jedynie do floemu. Nie przeszkadza to w przenoszeniu wirusa przez mszyce, gdyż pobranie wirusa oraz zakażenie kolejnej rośliny następuje po wkłuciu

się mszyce do wiązki przewodzącej. Natomiast w czasie zakażenia rośliny przy użyciu mechanicznej inokulacji wirus jest dostarczany do komórek epidermy. W ten sposób dostarczony wirus nie namnaża się w roślinie i nie powoduje choroby. Dlatego też w warunkach naturalnych polerowirusy nie przenoszą się mechanicznie między chorymi roślinami.

Luteowirusy występują jedynie we floemie

W naturalnych warunkach polerowirusy zasiedlają żywe elementy wiązek przewodzących. Dojrzałe, opłaszczone, cząstki wirusa są transportowane przez rurki sitowe floemu. Uważa się, że transport ten przebiega zgodnie z przepływem asymilatów. W tych komórkach nie obserwowano namnażania się wirusa ponieważ nie ma w nich funkcjonującego systemu translacji czy transkrypcji. Wirus namnaża się w komórkach towarzyszących oraz w parenchymie floemowej. Zasiedlany jest jedynie pewien procent tych dwóch typów komórek w obrębie danej wiązki floemu [18].

Niektórzy autorzy podają, że wirus liściozwoju ziemniaka (PLRV) jest zawsze całkowicie ograniczony do floemu. Badania te prowadzono techniką mikroskopii elektronowej na roślinach ziemniaka. Nie stwierdzono także przemieszczania się wirusa do mezofilu w czasie mieszanych infekcji z wirusem Y ziemniaka (*Potato virus Y*, PVY) [21].

Natomiast w doświadczeniach innych badaczy po zakażeniu liści tytoniu (*Nicotiana benthamiana* DOMIN.) wirusem liściozwoju przez mszyce, i przebadaniu tych liści techniką immunoprinting, stwierdzono porażenie aż 2% komórek mezofilu w liściach porażonych systemicznie [4]. Także w innych roślinach żywicielskich odnajdywano nieliczne porażone komórki miękiszu. Dodatkowo stwierdzono, że PLRV namnażał się w komórkach miękiszu zakażonych na skutek wstępnych nakłuc mszyc, w których ślinie znajdował się patogen. Wirus namnażał się także w kulturach protoplastów komórek miękiszowych [55].

Jedynym występującym w naturalnych warunkach przypadkiem, kiedy wirus z rodziny *Luteoviridae* występuje w tkankach poza floemem jest infekcja mieszana z wirusami z rodzaju *Umbravirus*. W naturalnych warunkach takie współdziałanie występuje w przypadku choroby ostrej mozaiki grochu wywoływanej przez dwa gatunki wirusów: enamowirusa (PEMV-1) i umbrawirusa (PEMV-2). Enamowirus nie ma białka odpowiedzialnego za transport w roślinie dlatego tę funkcję pełni białko nieograniczonego do floemu umbrawirusa [17]. Warto dodać, że umbrawirusy są pozbawione własnego białka płaszczka. Dlatego to enamowirus ze swojej strony zapewnia towarzyszącemu umbrawirusowi (PEMV-2) enkapsydację i przenoszenie przez mszyce [52]. Stwierdzono także, że infekcja mieszana PLRV z umbrawirusem (PEMV-2 lub GRV) umożliwiała rozprzestrzenianie się PLRV w komórkach mezofilu.

Obecnie uważa się, że ograniczenie naturalnego występowania polerowirusów do floemu ma najprawdopodobniej dwa powody: nieefektywny transport międzykomórkowy wirusa w komórkach skórki i miękiszu oraz niezdolność wyłączania mechanizmów obronnych rośliny (PTGS) w tkankach niefloemowych [53].

Jak już wcześniej wspomniano za supresję mechanizmu wyciszania genów w roślinie odpowiedzialne jest białko P0. Jego mechanizm działania dla polerowirusów jest najprawdopodobniej zupełnie inny niż wcześniej opisywanych białek o takiej samej funkcji. Obecnie uważa się, że polerowirusy zaburzają mechanizm wyciszania genów w taki sposób, że blokują jego działanie wewnątrz porażonej komórki natomiast nie zaburzają przekazywania sygnału wyciszania do innych komórek [38].

Transport wirusa w roślinach dzieli się zwykle na dwa etapy: transport „długodystansowy” w tkankach przewodzących i transport „krótkodystansowy” między komórkami w pozostałych tkankach. Nieefektywny transport wirusa między komórkami niefloemowymi może oznaczać, że polerowirusy nie mają sprawnego systemu transportu krótkodystansowego [55]. Komórki floemowe, a w szczególności ich plazmodesmy, różnią się od pozostałych tkanek w roślinie. Można przypuszczać, że mechanizmy transportu luteowirusów nie współdziałają z tymi odmiennymi plazmodesmami [18].

Niewykluczone jest, że polerowirusy mają dwa mechanizmy transportu, jeden angażujący białko P4 zaliczane do typowych białek ruchu, drugi polegający na transporcie opłaszczonych cząstek wirusowych i oddziaływaniu białka P5 z plazmodesmami. Przypuszczalnie oba mechanizmy funkcjonują w różnych gatunkach roślin gospodarzy [55].

Szkody gospodarcze powodowane przez polerowirusy

Polerowirusy zwykle powodują szkody gospodarcze w uprawach ograniczonej liczby gatunków, np. PLRV występuje jedynie w uprawach ziemniaka i pomidora, a wirus żółtaczkki dyniowatych przenoszony przez mszyce powoduje straty jedynie w uprawach różnych typów dyni. Jednak ich szkodliwość może być znaczna.

Wystąpienie na plantacji PLRV, uznawanego za jeden z najważniejszych wirusów w uprawie ziemniaka [12] może spowodować straty dochodzące nawet do 85–90% (średnio 50% przy 100% porażeniu) przewidywanego zbioru bulw. Wirus ten zaburza transport cukrów w roślinie. Skrobia gromadzi się w liściach powodując ich sztywność i zwijanie blaszki liściowej ku górze. Górne liście mogą czerwienieć i także zwracać się ku górze. W bulwach wirus może powodować siateczkowate nekrozy opisywane w Ameryce, jednak tego typu objawów właściwie nie obserwuje się w Europie. Najbardziej szkodliwe są porażenia wtórne, czyli roślin, które wyrosły z bulw zakażonych w poprzednim okresie wegetacji.

Wirus żółtej karłowatości zbóż jest zwykle rozpatrywany jako jeden z wirusów powodujących żółtaczkę zbóż. Jego obecność na polu, w ostatnich latach, powodowała obniżenie plonu o 2–10%, a w niektórych rejonach świata nawet o 20% [3].

Wirus żółtaczki dyniowatych jest sprawcą żółknięcia dyni głównie we Francji i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej [42].

Ważnymi gospodarczo wirusami należącymi do rodzaju *Polerovirus* są również sprawcy łagodnej żółtaczki buraka: *Beet mild yellowing virus*, *Beet chlorosis virus* oraz sprawca zachodniej żółtaczki buraka *Beet western yellows virus* [23]. Ponadto za odpowiednik amerykańskiego BWYV w Europie aktualnie uważa się wirus żółtaczki rzepy (*Turnip yellows virus*, TYV). Żółtaczkę buraka jest chorobą występującą we wszystkich rejonach uprawy tej rośliny i powodującą poważne straty na plantacjach (nawet do 50–60% strat w plonie korzeni). W Polsce żółtaczkę buraka jest znana i była opisywana już od lat trzydziestych XX w., długo jednak za sprawcę tej choroby uważano wyłącznie wirus żółtaczki buraka (*Beet yellows virus*, BYV) należący do rodzaju *Closterovirus* [5]. Wystąpienie tych wirusów stanowi problem szczególnie na plantacjach nasiennych, gdzie z porażonych wysadków wyrastają słabe i wiotkie pędy nasienne. Ponadto kwitnienie jest słabsze, zawiązywanych jest mało nasion i są one często niedorozwinięte.

Ochrona roślin przed chorobą

Główną przyczyną wysokiej szkodliwości gospodarczej polerowirusów jest ich efektywne przeniesienie przez wektory. Jak już wspomniano wektorami są mszyce. Krażeniowy sposób przeniesienia wirusa umożliwia ich rozprzestrzenianie na stosunkowo duże odległości. Najefektywniejszym wektorem polerowirusów buraka oraz PLRV i CABYV jest mszyca brzoskwińczo-ziemniaczana (*Myzus persicae* SULZ). Natomiast CYDV jest przenoszony głównie przez mszycę czeremchowo-zbożową (*Rhopalosiphum padi* L.) [43].

Najczęściej stosowaną metodą ochrony plantacji jest ograniczanie populacji wektora. Zwykle w tym celu stosuje się insektycydy. Jednak metoda ta może zawieść w przypadku masowych nalotów mszyc, gdyż dużo roślin zostanie zakażonych, zanim środek chemiczny zdąży zadziałać.

Duże znaczenie może mieć także wybór wczesnego terminu siewu lub sadzenia, gdyż porażenie wirusem starszych roślin powoduje mniejsze straty. Istotną rolę odgrywa także niszczenie innych roślin, takich jak chwasty stanowiące często dodatkowe źródło inokulum wirusa. Bardzo ważne jest używanie zdrowego materiału rozmnożeniowego. Jest to istotne zwłaszcza w uprawach ziemniaka gdzie wirus jest często rozprzestrzeniany wraz z porażonym materiałem sadzeniakowym.

Najbardziej obiecującym sposobem ochrony pozostaje hodowla odmian odpornych lub tolerancyjnych. Badania angielskich naukowców wykazały, że dzikie buraki

mają potencjalnie odpowiedni poziom tolerancji na wirusy żółtaczk. Dziedziczenie tej cechy jest jednak złożone i poligeniczne. Mimo gwałtownego rozwoju technik badawczych i wiedzy zwalczanie wirusów żółtaczkowych buraka nadal stanowi więc problem [49].

Od dłuższego czasu właściwie wszystkie odmiany ziemniaka w Polsce charakteryzują się pewnym stopniem odporności na wirus liściozwoju ziemniaka – 5–8 w skali dziewięciostopniowej (Polski Katalog Odmian Ziemniaka). Aż 11 odmian charakteryzowało się wysokim stopniem odporności (7,5–8) z czego 7 były to odmiany nietolerancyjne, a 4 charakteryzowały się tolerancją. Z odmian o niższym stopniu odporności ponad połowę stanowią odmiany słabo reagujące na porażenie [58]. Odporność ziemniaków na PLRV można podzielić na dwa typy. Pierwszym jest odporność na infekcję wyrażająca się małą liczbą roślin ulegających zakażeniu. Drugi to odporność na akumulację i przemieszczanie się wirusa we floemie. Obecnie znane jest położenie dwóch różnych genów odpowiadających za odporność na akumulację wirusa, pochodzących z niespokrewnionych linii hodowlanych. Dostępne są markery genetyczne ułatwiające hodowlę odmian odpornych mających taki gen, w tym jeden marker opracowany w Polsce [32].

Innym sposobem ochrony przed luteowirusami może być wprowadzanie do uprawy roślin transgenicznych. W tym celu wykorzystuje się tak zwaną odporność pochodzącą od patogena (pathogen-derived resistance, PDR). Badania nad uzyskaniem odporności na drodze transformacji genetycznej miały na celu ochronę ziemniaka przed PLRV oraz buraka przed BMVYV [4, 10, 37].

Diagnostyka, tak ważna w ocenie zdrowotności materiału, obecnie nie stanowi już problemu. Stosuje się standardowy test ELISA, a w pracach naukowych bardziej specjalistyczne metody, np. multiplex RT-PCR [24]. Testy takie pozwalają na rozróżnienie poszczególnych szczepów czy nawet izolatów wirusa, a także przebadanie danej próbki na obecność kilku gatunków lub szczepów wirusów w czasie jednego testu.

Podsumowanie

Wykorzystywanie w wirusologii coraz bardziej nowoczesnych technik badawczych wyjaśniło w ostatnim czasie wiele dotychczas nieznanych właściwości polerowirusów, pozwalając tym samym na lepsze usystematyzowanie wiedzy o tej grupie wirusów. W pracy opisano zasady klasyfikacji wirusów z rodzaju *Polerovirus*, strukturę ich genomu i przypuszczalną rolę zjawiska rekombinacji w ich ewolucji. Opisano podstawowe funkcje białek tego wirusa oraz najważniejsze procesy, w których białka te uczestniczą. Szczególny nacisk położono na proces przenoszenia wirusa przez wektora oraz mechanizmy ograniczające występowanie cząstek wirusowych w roślinie do wiązek przewodzących. Opisana została szkodliwość gospodarcza i sposoby zmniejszenia strat powodowanych przez polerowirusy.

Literatura

-
- [1] Ashby J.W., Johnstone G.R. 1985. Legume *Luteovirus* taxonomy and current research. *Australasian Pl. Pathol.* 14(1): 2–7.
- [2] Ashoub A., Rohde W., Prüfer D. 1998. In planta transcription of a second subgenomic RNA increases the complexity of the subgroup 2 luteovirus genome. *Nucl. Acids Res.* 26: 420–426.
- [3] Balaji B., Bucholtz D.B., Anderson J.M. 2003. *Barley yellow dwarf virus* and *Cereal yellow dwarf virus* quantification by real-time polymerase chain reaction in resistant and susceptible plants. *Phytopathol.* 93: 1386–1392.
- [4] Barker H., Waterhouse P.M. 1999. The development of resistance to *Luteoviruses* mediated by host gene and pathogen-derived transgenes. W: Smitn H.G., Barker H. (red.) *The Luteoviridae*. Oxon CAB International: 169–210.
- [5] Blachowska E., Szyndel M.S. 1986. Wirus łagodnej żółtaczki buraka (BMYV) i wirus żółtaczki buraka (BYV) na plantacjach buraków cukrowych. *Hod. Rośl. Aklimat. i Nasien.* 30(516): 19–26.
- [6] Brault V., van den Heuvel J.F.J.M., Verbeek M., Ziegler-Graff V., Reutenauer A., Herrbach E., Garaud J.C., Guilley H., Richards K., Jonard G. 1995. Aphid transmission of beet western yellows luteovirus requires the minor capsid read-through protein. *EMBO J.* 14: 650–659.
- [7] Brault V., Herrbach E., Hauser S., Lemaire O. 2001. Les *Luteoviridae*: propriétés biologique et évolution. *Virologie* 5: 9–21.
- [8] Brault V., Mutterer J., Scheidecker D., Simonis M.T., Herrbach E., Richards K., Ziegler-Graff V. 2000. Effects of point mutations in the readthrough domain of the *Beet western yellows virus* minor capsid protein on virus accumulation in planta and on transmission by aphids. *J. Virol.* 74(3): 1140–1148.
- [9] Brault V., Perigon S., Reinhold C., Erdinger M., Scheidecker D., Herrbach E., Richards K., Ziegler-Graff V. 2005. The *Polerovirus* minor capsid protein determines vector specificity and intestinal tropism in the aphid. *J. Virol.* 79(15): 9685–9693.
- [10] Brault V., Pfeffer S., Erdinger M., Ziegler-Graff V. 2002. Virus-induced gene silencing in transgenic plants expressing the minor capsid protein of *Beet western yellows virus*. *Mol. Plant Microbe Interact.* 15(8): 799–877
- [11] Chay C.A., Gunasinge S.P., Dinesh-Kumar S.P., Miller W.A., Gray S.M. 1996. Aphid transmission and systemic plant infection determinants of *Barley yellow dwarf luteovirus-PAV* are contained in the coat protein read-through domain and 17 kDa protein, respectively. *Virol.* 219: 57–65.
- [12] Chrzanowska M. 2006. Choroby wirusowe ziemniaka w produkcji i nasiennictwie. Materiały konferencyjne, IV Dni Ziemniaka firmy Syngenta w RZD SGGW Żelazna: 4–9.
- [13] D’Arcy C.J. 1986. Current problems in the taxonomy of luteoviruses. *Microbiol. Sciences* 3(10): 309–313.
- [14] D’Arcy C.J., Domier L. 2005. Family: *Luteoviridae*. W: Virus taxonomy: Classification and nomenclature of viruses. Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Fauquet C.M., Mayo M.A., Maniloff J., Desselberger U.S., Ball L.A. (red.), San Diego Academic Press: 1259 ss.

- [15] D'Arcy C.J., Hewings A.D., Burnett P.A., Jedlinski H. 1983. Comparative purification of two luteoviruses. *Phytopath.* 73: 755–759.
- [16] D'Arcy C.J., Mayo M. 1997. Proposals for changes in luteovirus taxonomy and nomenclature. *Arch. Virol.* 142(6): 1285–1287.
- [17] Demler S.A., Rucker-Feeney D.G., Skaf J.S., de Zoeten G.A. 1997. Expression and suppression of circulative aphid transmission in *Pea enation mosaic virus*. *J. Gen. Virol.* 78: 511–523.
- [18] Derrick P.M., Barker H. 1997. Short and long distance spread of potato leafroll luteovirus: effects of host genes and transgenes conferring resistance to virus accumulation in potato. *J. Gen. Virol.* 78: 243–251
- [19] Falk B.W., Chin L.S., Duffus J.E. 1989. Complementary DNA cloning and hybridization analysis of *Beet western yellows luteovirus* RNAs. *J. Gen. Virol.* 70: 1301–1309.
- [20] Francki R.I.B., Fauquet C.M., Knudson D.L., Brown F. 1991. Classification and nomenclature of viruses. 5th Report of ICTV. *Arch. Virol.*, Suppl. 2: 450 ss.
- [21] Garbaczewska G., Kerlan C. 1993. Ultrastructural studies of interactions between *Potato leafroll virus* and *Potato virus Y*. 12th Conf. EAPR, Paris: 298 ss.
- [22] Hamilton R.I., Edwardson J.R., Francki R.I.B., Hsu H.T., Hull R., Koenig R., Milne R.G. 1981. Guidelines for the identification and characterization of plant viruses. *J. Gen. Virol.* 54: 223–241.
- [23] Hauser S., Stevens M., Mougél C., Smith H.G., Fritsch C., Herrbach E., Lemaire O. 2000. Biological, serological and molecular variability suggest three distinct *Polerovirus* species infecting beet or rape. *Phytopathol.* 90: 460–466.
- [24] Hauser S., Weber C., Vetter G., Stevens M., Beuve M., Lemaire O. 2000. Improved detection and differentiation of Poleroviruses infecting beet or rape by multiplex RT-PCR. *J. Virol. Meth.* 89: 11–21.
- [25] Heuvel van den J.F.J.M., Bruyere A., Hogenhout S.A., Ziegler-Graff V., Brault V., Verbeek M., Van Der Wilk F., Richards K. 1997. The N-terminal region of the *Luteovirus* readthrough domain determines virus binding to *Buchnera* GroEL and is essential for virus persistence in the aphid. *J. Virol.* 71(10): 7258–7265.
- [26] Hull R. 2002. Matthews' plant virology, 4th ed. Academic Press, San Diego: 1001.
- [27] Jaag H.M., Kawchuk L., Rohde W., Fischer R., Emans N., Pruffer D. 2003. An unusual internal ribosomal entry site of inverted symmetry directs expression of a *Potato leafroll polerovirus* replication-associated protein. *PNAS* 100(15): 8939–8944.
- [28] Jolly C.A., Mayo M.A. 1994. Changes in the amino acid sequence of the coat protein readthrough domain of potato leafroll luteovirus affect the formation of an epitope and aphid transmission. *Virol.* 201:182–185.
- [29] Kryczyński S. 2002. Taksonomia wirusów roślin. Siódmy Raport Międzynarodowego Komitetu Taksonomii Wirusów. *Post. Nauk Rol.* 4: 51–61.
- [30] Kryczyński S. 2002. Klasyfikacja wirusów roślin uznanych oficjalnie przez ICTV z propozycjami polskich nazw tych wirusów. *Post. Nauk Rol.* 4: 63–103.
- [31] Lee L., Kaplan I.B., Ripoll D.R., Liang D., Palukaitis P., Gray S.M. 2005. A surface loop of the *Potato Leafroll Virus* coat protein is involved in virion assembly, systemic movement and aphid transmission. *J. Virol.* 79: 1207–1214.
- [32] Marczewski W., Flis B., Syller J., Strzelczyk-Zyta D., Hennig J., Gebhardt C. 2004. Two allelic or tightly linked genetic factors at the PLRV.4 locus on potato chromosome XI

- control resistance to potato leafroll virus accumulation. *Theor. Appl. Genet.* 109(8): 1604–1609.
- [33] Mayo M.A., Ziegler-Graff V. 1996. Molecular biology of *Luteoviruses*. *Adv. Virus Res.* 46: 413–460.
- [34] Miller W.A., Sijun L., Beckett R., 2002. *Barley yellow dwarf virus: Luteoviridae or Tombusviridae?* *Molec. Plant Pathol.* 3(4): 177–183.
- [35] Moonan F., Mirkov TE. 2002. Analyses of genotypic diversity among North, South, and Central American isolates of *Sugarcane yellow leaf virus*: evidence for Colombian origins and for intraspecific spatial phylogenetic variation. *J. Virol* 76(3): 1339–1348.
- [36] Moonan F., Molina J., Mirkov T.E. 2000. *Sugarcane yellow leaf virus*: an emerging virus that has evolved by recombination between luteoviral and poleroviral ancestors. *Virol.* 269(1): 156–171.
- [37] Pałucha A., Zagórski W., Chrzanowska M., Hulanicka D. 1998. An antisense coat protein gene confers immunity to *Potato leafroll virus* in a genetically engineered potato. *Eur. J. Plant Pathol.* 104(3): 287–293.
- [38] Pazhouhandeh M., Dieterle M., Marrocco K., Lechner E., Berry B., Brault V., Hemmer O., Kretsch T., Richards K., Ziegler-Graff V. 2006. F-box-like domain in the polerovirus protein P0 is required for silencing suppressor function. *PNAS* 103(6): 1994–1999.
- [39] Pfeffer S., Dunoyer P., Heim F., Richards K.E., Jonard G., Ziegler-Graff V. 2002. P0 of *Beet western yellows virus* is a suppressor of posttranscriptional gene silencing. *J. Virol.* 76(13): 6815–6824.
- [40] Prüfer D., Kawchuk L., Monecke M., Nowok S., Fischer R., Rohde W. 1999. Immunological analysis of *Potato leafroll luteovirus* (PLRV) P1 expression identifies a 25 kDa RNA-binding protein derived via P1 processing. *Nucl. Acids Res.* 27: 421–425.
- [41] Regenmortel van M.H.W. 2000. Introduction to the species concept in virus taxonomy. W: Van Regenmortel M.H.W i in. (red.) *Virus taxonomy*. Seventh Report of the International Committee on taxonomy of Viruses. Academic Press, San Diego: 3–16.
- [42] Reinbold C., Herrbach E., Brault V. 2003. Posterior midgut and hindgut are both sites of acquisition of *Cucurbit aphid-borne yellows virus* in *Myzus persicae* and *Aphis gossypii*. *J. Gen. Virol.* 84: 3473–3484.
- [43] Robert Y., Lemaire O. 1999. Introduction to *Luteovirus* epidemiology. W: The Luteoviridae Smith H.G., Barker H. (red.) Oxon CAB International: 213–220.
- [44] Rochow W.F. 1970. *Barley yellow dwarf virus*: phenotypic mixing and vector specificity. *Science* 167: 875–878.
- [45] Rochow W.F. 1979. Field variants of *Barley yellow dwarf virus*: detection and fluctuation during 20 years. *Phytopathology* 69: 655–660.
- [46] Ryabov E.V., Fraser G., Mayo M.A., Barker H., Taliansky M. 2001. Umbravirus gene expression helps *Potato leafroll virus* to invade mesophyll tissues and to be transmitted mechanically between plants. *Virol.* 286: 363–372.
- [47] Sadowy E., Maasen A., Juszczuk M., David Ch., Zagórski-Ostoja W., Gronenborn B., Hulanicka D.M. 2001. The ORF0 product of *Potato leafroll virus* is indispensable for virus accumulation. *J. Gen. Virol.* 82: 1529–1532.
- [48] Shepherd R.J., Francki R.I.B., Hirth L., Hollings M., Inouye T., MacLeod R., Purcifull D.E., Sinha R.C., Tremaine J.H., Valenta V., Wetter C. 1975. New groups of plant viruses approved by the International Committee on Taxonomy of Viruses. *Interviol.* 1976, 6: 181–184.

- [49] Smith H. 2001. Virus yellows – problem solved? British Sugar Beet Review Special Feature- Raymind Hull Memorial Lecture: 1–9.
- [50] Stevens M., Freeman B., Liu H-Y., Herrbach E., Lemaire O. 2005. Beet poleroviruses: close friends or distant relatives. *Mol. Plant Pathol.* 6(1): 1–9.
- [51] Syller J. 2000. Molekularne podstawy zdolności przenoszenia wirusów roślinnych przez owady. *Post. Mikrobiol.* 39(3): 224–238.
- [52] Syller J. 2003. Molecular and biological features of umbraviruses, the unusual plant viruses lacking genetic information for capsid protein. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 63: 35–46.
- [53] Tamm T., Truve E. 2000. Sobemoviruses. *J. Virol.* 74: 6231–6241.
- [54] Taliansky M., Barker H. 1999. Movement of luteoviruses in infected plants. W: The Luteoviridae. Smith H.G., Barker H. (red.), Wallingford, UK, CAB International: 69–81.
- [55] Taliansky M., Mayo M.A., Barker H. 2003. *Potato leafroll virus*: a classic pathogen shows some new tricks. *Mol. Plant Pathol.* 4(2): 81–89.
- [56] Terradot L., Souchet M., Tran V., Bourdin D. 2001. Analysis of a three-dimensional structure of *Potato leafroll virus* coat protein obtained by homology modeling. *Virol.* 286: 72–82.
- [57] Voinnet O., Pinto Y.M., Baulcombe D.C. 1999. Suppression of gene silencing: a general strategy used by diverse DNA and RNA viruses of plants. *PNAS* 96(24): 14147–14152.
- [58] Zagórska H., Chrzanowska M., Pietrak J. 2000. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w krajowym Rejestrze Odmian w 2000 roku. *Biuletyn IHAR* 215: 293–304.

Poleroviruses and their significance

Key words: *Luteoviridae*, *Polerovirus*, BYDV, BMYV, PLRV

Summary

The significant results of some research, especially in the field of genetics, made possible better understanding of some important, recently found polerovirus features. The review presents the principles of poleroviruses taxonomy, their genome structure and the possible role of recombination process in variability and evolutionary status of those viruses. The virus transmission by aphids and phloem affinity in plants are characterized. Economical loses and crop protection against poleroviruses are discussed.

- [49] Smith H. 2001. Virus yellows – problem solved? British Sugar Beet Review Special Feature- Raymind Hull Memorial Lecture: 1–9.
- [50] Stevens M., Freeman B., Liu H-Y., Herrbach E., Lemaire O. 2005. Beet poleroviruses: close friends or distant relatives. *Mol. Plant Pathol.* 6(1): 1–9.
- [51] Syller J. 2000. Molekularne podstawy zdolności przenoszenia wirusów roślinnych przez owady. *Post. Mikrobiol.* 39(3): 224–238.
- [52] Syller J. 2003. Molecular and biological features of umbraviruses, the unusual plant viruses lacking genetic information for capsid protein. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 63: 35–46.
- [53] Tamm T., Truve E. 2000. Sobemoviruses. *J. Virol.* 74: 6231–6241.
- [54] Taliansky M., Barker H. 1999. Movement of luteoviruses in infected plants. W: The Luteoviridae. Smith H.G., Barker H. (red.), Wallingford, UK, CAB International: 69–81.
- [55] Taliansky M., Mayo M.A., Barker H. 2003. *Potato leafroll virus*: a classic pathogen shows some new tricks. *Mol. Plant Pathol.* 4(2): 81–89.
- [56] Terradot L., Souchet M., Tran V., Bourdin D. 2001. Analysis of a three-dimensional structure of *Potato leafroll virus* coat protein obtained by homology modeling. *Virol.* 286: 72–82.
- [57] Voinnet O., Pinto Y.M., Baulcombe D.C. 1999. Suppression of gene silencing: a general strategy used by diverse DNA and RNA viruses of plants. *PNAS* 96(24): 14147–14152.
- [58] Zagórska H., Chrzanowska M., Pietrak J. 2000. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w krajowym Rejestrze Odmian w 2000 roku. *Biuletyn IHAR* 215: 293–304.

Poleroviruses and their significance

Key words: *Luteoviridae*, *Polerovirus*, BYDV, BMYV, PLRV

Summary

The significant results of some research, especially in the field of genetics, made possible better understanding of some important, recently found polerovirus features. The review presents the principles of poleroviruses taxonomy, their genome structure and the possible role of recombination process in variability and evolutionary status of those viruses. The virus transmission by aphids and phloem affinity in plants are characterized. Economical losses and crop protection against poleroviruses are discussed.

Zagrożenie i sposoby ograniczania chorób fuzaryjnych pszenicy

Ryszard Weber

*Zakład Techniki Uprawy Roli i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Łąkowa 2, 55-230 Jelcz-Laskowice
e-mail: zakljl@mikrozet.wroc.pl*

Słowa kluczowe: pszenica, choroby grzybowe, mikotoksyny, uprawa roli, przedplon

Wprowadzenie

W ostatnich latach na terenie Polski i Europy nastąpił znaczny wzrost areału uprawy pszenicy. Często w stanowiskach typowych dla żyta uprawia się pszenicę, która przy optymalnej agrotechnice może osiągać wysokie i opłacalne plony. Wzrastające koszty produkcji spowodowały, że obecnie poszukuje się odmian odznaczających się małym spadkiem plonowania przy minimalizacji nakładów na uprawę roli, nawożenie i chemiczną ochronę zasiewów [54]. Niższe koszty uprawy roli w przypadku stosowania wariantów uproszczonych oraz zwiększona erozja wodna i wietrzna gleby spowodowana konwencjonalną metodą uprawy roli sprawia, że w coraz większym zakresie stosuje się bezplużne metody uprawy roli i siew bezpośredni. Uproszczona uprawa roli lub siew bezpośredni wywołują istotne zmiany właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby w porównaniu do konwencjonalnej metody uprawy [40]. W górnych warstwach profilu glebowego zwiększa się uwilgotnienie, liczba dżdżownic, zawartość substancji organicznej oraz azotu i potasu. Następują również istotne zmiany gęstości i zwięzłości gleby. Tak znaczna reorganizacja środowiska glebowego wpływa różnie na plonowanie poszczególnych odmian. Pszenica jako naturalny heksaploid ma 21 par chromosomów, które w wyniku hodowli krzyżówkowej mogą utworzyć niespotykaną u innych gatunków liczbę rekombinantów. Tak znaczna ilość form wyjściowych powoduje duże zróżnicowanie istniejących odmian, które wykazują zmienną reakcję na środowisko glebowo-klimatyczne jak również uproszczenia w uprawie roli. W ostatnich latach pojawiło się szereg publikacji, w których testowano wybrane odmiany pszenicy pod względem przysto-

sowania do uproszczonych sposobów uprawy roli [1, 12, 15]. Wartości adaptacyjne genotypów przy różnej intensywności uprawy może najlepiej określić interakcja genotypowo-środowiskowa, która zarówno w literaturze krajowej, jak i zagranicznej określana jest symbolem GxE [36, 41]. Względna wartość genotypów może się zmieniać w różnych środowiskach na skutek niejednakowej reakcji fenotypowej roślin. Różnice w plonowaniu i innych cechach ilościowych pomiędzy porównywanymi genotypami zależą więc od środowiska, w którym to porównanie jest przeprowadzane. Niższe plonowanie pszenicy w płodozmianach o znacznym udziale zbóż związane jest z większym nasileniem chorób powodowanych przez grzyby. Spośród nich największe zagrożenie powodują grzyby z rodzaju *Fusarium*. Są one sprawcami zgorzeli siewek, chorób podstawy źdźbła i kłosa. Grzyby z rodzaju *Fusarium* pogarszają jakość ziarna zbóż i wytwarzają liczne metabolity wtórne wykazujące działanie toksyczne dla ludzi, zwierząt i roślin. Badania wykazały zmienną reakcję odmian pszenicy na uproszczenia w uprawie roli i choroby grzybowe, które w uprawach bezpłużnych stanowią szczególne zagrożenie. Dlatego plonowanie tego gatunku należy rozpatrywać kompleksowo biorąc pod uwagę:

- najczęściej stosowane przedplony,
- odporność roślin przedplonowych na choroby grzybowe,
- reakcję rośliny następczej – odmian zbóż – na stosowany przedplon,
- jakość ziarna zbóż w zależności od stosowanych zabiegów agrotechnicznych zarówno w uprawie rośliny przedplonowej jak i rośliny następczej.

Grzyby z rodzaju *Fusarium*

Do najczęściej występujących grzybów chorobotwórczych w zasiewach pszenicy należy zaliczyć: *Fusarium* ssp., *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Rhizoctonia cerealis*, *Gaeumannomyces graminis*, *Drechslera sorokiniana* [5, 55]. Szczególnie niebezpieczne dla jakości ziarna pszenicy są choroby kłosa i podstawy źdźbła spowodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Do najbardziej znanych należą: *F. culmorum* (W.G. SM.) SACC., *F. graminearum* SCHW. (*Gibberella zeae*), *F. nivale* (FR.) CES., *F. poae* (PECK) WOLLENW. oraz *F. avenaceum* (FR.) SACC. (*Gibberella avenacea*). Grzyby te występują we wszystkich strefach klimatycznych, powodując zgorzel przed- i powschodową roślin, zgniliznę podstawy źdźbła oraz fuzariozy kłosów. Rozwijają się one na zróżnicowanym materiale roślinnym wytwarzając często mikotoksyny, które skażają średnio 20–30% płodów rolnych. W wyniku infekcji kielków pszenicy następuje ograniczenie plonowania o 7–17%. Porażenie korzeni roślin w późniejszych fazach rozwoju powoduje straty plonu rzędu 10–30%. Natomiast porażenie kłosów przez grzyby z rodzaju *Fusarium* może zmniejszyć plon o 30–70% [31]. Zabiegi ochrony roślin ograniczają wprawdzie występowanie chorób, ale nie są w stanie całkowicie zapobiegać stratom plonu i pogorszeniu jakości ziarna.

Dlatego w pełni skuteczną metodą przeciwko chorobom fuzaryjnym jest hodowla odmian odpornych i prawidłowa agrotechnika. Grzyby z rodzaju *Fusarium* odznaczają się znacznym przystosowaniem do zmiennych warunków środowiskowych, np. *F. culmorum* może rozwijać się i zarodnikować w warunkach małego potencjału wodnego w glebie [28]. Największe szkody są powodowane przez *F. culmorum* i *F. graminearum*. W Niemczech w północnych regionach najczęściej dominuje *F. culmorum*, natomiast w południowych *F. graminearum* [6]. Grzyby z rodzaju *Fusarium* mogą porażać również w znacznym stopniu kłosa zbóż, przyczyniając się do obniżenia plonów pszenicy oraz cech jakościowych ziarna. Populacja fuzarioz na polu może się odznaczać dużą zmiennością. Na ograniczonym obszarze mogą występować rasy chorobotwórcze różniące się intensywnością tworzenia zarodników, skutecznością infekcji lub tempem wzrostu. [19]. Poprzez sztuczne inokulacje wykazano zarówno różnice agresywności izolatów w obrębie gatunku, jak i poszczególnych gatunków z rodzaju *Fusarium* [47]. Szczególnie wirulentne są rasy *F. graminearum* i *F. culmorum*. Grzyby z rodzaju *Fusarium* wytwarzają liczne metabolity o działaniu toksycznym dla ludzi, zwierząt i roślin. Każdy gatunek wytwarza specyficzny zestaw mikotoksyn. Są to najczęściej związki z grupy trichotecyn (deoksyniwalenol i jego pochodne, niwalenol), zearalenon, moniliformina lub fumonizyny. Poszczególne szczepy tych grzybów odznaczają się zróżnicowaną agresywnością w stosunku do rośliny żywicielskiej. Badania wykazały, że formy bardziej wirulentne produkują mikotoksynę DON-deoksyniwalenol, podczas gdy szczepy mniej agresywne wytwarzają mikotoksynę NIV-niwalenol [37]. Zdolność do produkcji mikotoksyn jest jednym z ważniejszych składowych agresywności poszczególnych ras chorobotwórczych [33]. Wymienione produkty przemiany materii grzybów obniżają parametry jakościowe ziarna i są silnie toksyczne dla ludzi i zwierząt [18]. Wytwarzane mikotoksyny obniżają w znacznym stopniu masę tysiąca ziaren, liczbę opadania i liczbę sedymentacji, jak również zawartość białka ogólnego [38]. Porażenie kłosów przez grzyby z rodzaju *Fusarium* następuje w okresie kłoszenia zbóż do końca kwitnienia. Optymalna temperatura dla rozwoju grzybów w tym okresie wynosi 15–20°C. Deszcze o charakterze mżawki oraz rosa są najbardziej sprzyjającym czynnikiem dla znacznego porażania pszenicy. Przedłużające się kwitnienie pszenicy wpływa również na zwiększenie porażenia przez grzyby wywołujące fuzariozy kłosa [38]. Grzyby z rodzaju *Fusarium* mogą rozwijać się na resztkach poźniwnych podstawowych zbóż i kukurydzy oraz chwastów jednoliściennych, które stają się źródłem infekcji dla rośliny następczej – pszenicy. Dlatego uprawa pszenicy po zbożach lub kukurydzy stwarza szczególne zagrożenie obniżenia plonów i pogorszenia jakości ziarna.

Sposoby ograniczania porażenia fuzaryjną zgorzelą podstawy źdźbła i fuzariozami kłosa

Dobór odmian

Badania z obszaru Europy Zachodniej i Polski wykazały znaczne zróżnicowanie wrażliwości odmian pszenicy na choroby podstawy źdźbła i fuzariozy kłosa [2, 11, 39, 52]. Odmiany odporne na choroby fuzaryjne kłosa i podstawy źdźbła uprawiane w płodozmianach zbożowych dawały wyższe plony i lepszą jakość ziarna niż wrażliwe [38]. Odporne odmiany pszenicy zawierają niewielkie ilości deoksyniwalenolu, co wskazywałoby, że są one zdolne do hamowania syntezy toksyny lub jej rozkładu [51].

Zawartość DON w ziarnie, zarówno u odmian odpornych jak i podatnych, jest w dużym stopniu uzależniona od sposobu uprawy roli (tab. 1). Bardzo często stwierdza się dodatnią zależność pomiędzy stopniem porażenia kłosa a akumulacją DON w ziarnie, ale istnieją odmiany, u których nie znaleziono bezpośredniego związku między tymi cechami. Kostecki i in. [24] wykazali, że odmiana ‘Maltanka’ odznaczała się zwiększoną odpornością na fuzariozę kłosa spowodowaną przez *F. avenaceum*, natomiast ‘Kobra’ i ‘Almari’ były bardziej wrażliwe. Również zróżnicowaną odporność gatunków i odmian pszenicy na *F. culmorum* potwierdziły badania Wiśniewskiej i Chełkowskiego [60]. Autorzy ci stwierdzili ujemną zależność u badanych odmian *Triticum durum* między jakością ziarna i znaczną wrażliwością na *F. culmorum*. Natomiast odmiany ozime pszenicy zwyczajnej (‘Salwa’, ‘Maltanka’, ‘Kobra’) odznaczały się mniejszym, lecz bardziej zróżnicowanym porażeniem tym grzybem.

Tabela 1. Zawartość mikotoksyn w ziarniakach dwóch odmian pszenicy w zależności od uprawy roli [38]

Sposób uprawy roli	Odmiana	Zawartość mikotoksyn DON [$\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ziarna]
Płużna	‘Petkus’	210
	‘Banit’	940
Uproszczona – 2x gruber	‘Petkus’	220
	‘Banit’	1050
Siew bezpośredni	‘Petkus’	960
	‘Banit’	1600

Wprawdzie niektóre publikacje wskazują na brak interakcji między genotypem gospodarza a gatunkiem *Fusarium* [3], jednak znaczna zmienność szczepów *F. culmorum* pod względem stopnia wirulencji wskazuje, że odporność na *F. culmorum* należy rozważać kompleksowo. Kiecana i in. [21] podkreślają znaczny wpływ środowiska na zróżnicowanie porażenia odmian chorobami fuzaryjnymi. Autorzy ci inokulując tym samym izolatem *F. avenaceum* wykazali wyższą wrażliwość badanych

odmian w centralno-zachodnim rejonie Polski niż w obszarze południowo-wschodnim. Miedaner [35] analizując genotypy pszenicy, żyta i pszenżyta stwierdził również znaczną interakcję genotypowo-środowiskową pod względem akumulacji DON w ziarniakach zbóż. Również inne doniesienia podkreślają duże znaczenie środowiska w rozprzestrzenianiu się chorób fuzaryjnych [26, 55]. Zróżnicowaną wrażliwość odmian na porażenie przez grzyby z rodzaju *Fusarium* stwierdzili także w swych badaniach Łacicowa i Pięta [28]. Mesterhazy [32] donosi o zwiększonej odporności niektórych odmian na kumulację mikotoksyn w ziarnie, pomimo znacznych objawów chorobowych na kłosach. Mała stabilność uszeregowania odmian/izolatów pod względem odporności na choroby fuzaryjne kłosa w poszczególnych doświadczeniach lub latach może wskazywać nie tylko na istotny efekt interakcji genotypowo-środowiskowej [34], lecz również na brak odporności poziomej opisanej w innych opracowaniach. Badania własne, w warunkach Dolnego Śląska, wykazały dużą wrażliwość odmiany 'Maltanka' na kompleks chorób podstawy źdźbła spowodowanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* [58]. Mniejsze wskaźniki porażenia tej odmiany uzyskali Kubiak i Korbas [25]. Również rozbieżne wyniki odnośnie odporności niektórych odmian uzyskali Wiśniewska i Chełkowski [60]. Duża różnorodność form polimorficznych grzybów zasiedlających podstawy źdźbła może prowadzić wg Schillinga i in. [48] do odmiennych rezultatów. Poziomą odporność odmian w dużym stopniu zależy również od warunków atmosferycznych i ekologicznych w danym roku [5]. Wykazana zmienność genotypowa odporności odmian na choroby powodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* może być powodem braku jednoznacznych wyników otrzymanych przez różnych autorów.

Hodowla odpornościowa

Agresywność *Fusarium* jest cechą ilościową. Badania Ganga [17] odnośnie agresywności 42 izolatów *F. culmorum* na kłosach zbóż wykazały wpływ wielu genów na dziedziczenie tej cechy. Odporność roślin na *F. culmorum* i *F. graminearum* jest ściśle ze sobą powiązana [3]. Obszerne badania izolatów z obszaru Europy nie wykazały różnic roślin żywicielskich pod względem porażenia przez *F. culmorum* lub *F. graminearum*, więc selekcja form odpornych na wymienione patogeny może być przeprowadzana jednocześnie [34]. Znaczne zróżnicowanie genetyczne ras fizjologicznych grzybów z rodzaju *Fusarium* sprawia, że odporność roślin żywicielskich w dużym stopniu uzależniona jest od warunków środowiskowych [43]. W celu oszacowania wielkości szkód wyrządzonych przez grzyby uwzględnia się ocenę komponentów plonu, a także zróżnicowaną korelację między objawami chorób fuzaryjnych na kłosach zbóż a zawartością DON w ziarnie ($r = 0,78$ – Lemmens i in. [27]; $r = 0,5$ – Salas i in. [45]). Najczęściej rozróżnia się dwa typy odporności na fuzariozy kłosa:

- odporność na infekcję;
- odporność na rozprzestrzenianie się choroby na roślinie żywicielskiej.

Skuteczność selekcji pszenicy w kierunku uzyskania form odpornych uzależniona jest od poziomu jej intensywności. Jednak efektywność programów hodowlanych zależy w głównej mierze od wpływu środowiska, które może w znacznym stopniu modyfikować reakcję form odpornych. Dotychczas nie udało się uzyskać pełnej odporności jakiejkolwiek odmiany pszenicy na *F. culmorum* lub *F. graminearum*. Wyższą odpornością na fuzariozy kłosa odznacza się *Triticum durum*, chociaż nie zidentyfikowano form o pełnej immunii [4]. Źródła odporności pszenicy jarej na choroby fuzaryjne wywodzą się ze wschodniej Europy, Japonii ('Nobeokabozu-komugi', 'Shinchunaga'), Chin ('Sumai 3', 'Linie Ning', 'Wuhan') i Brazylii ('Frotana', 'Encruzilhada') [2]. Wśród istniejących odmian wykryto również formy o częściowej odporności na terenie USA (pszenica jara – linia 2375, pszenica ozima – odmiany 'Freedom' i 'Erni'). Naturalna genetyczna zmienność pszenicy zwyczajnej *T. aestivum*, wywodząca się z trzech genomów A, B i D, utrudnia wprowadzenie genów odporności z *T. durum*, ponieważ odporność ta związana jest jedynie z genomem A i B [23]. Przypuszcza się, że odporność *T. durum* podlega również dziedziczeniu cytoplazmatycznemu, co dodatkowo utrudnia przeniesienie tego źródła odporności do *T. aestivum*. Obecnie poszukuje się również form dzikich ze źródłami odporności na fuzariozy kłosa. Wan i in. [57] analizując odporność 17 gatunków *Triticeae* odkryli 18 genotypów o podwyższonej odporności na choroby fuzaryjne. Stwierdzono również znaczną odporność niektórych form *Aegilops tauschii* i *T. dicoccoides*. Odporność pszenicy na *F. culmorum* lub *F. graminearum* dziedziczy się poligenicznie z przewagą genów o addytywnym działaniu. Dlatego krzyżując formy o średnim stopniu odporności można już oczekiwać w pokoleniu F₂ rekombinantów o zwiększonej ilości genów odporności [56]. Analiza monosomików pozwoliła ustalić, że odporność wywodząca się z odmiany 'Sumai 3' jest związana z genami na chromosomach 2A, 5A, 1B, 6D, 7D. Singh i in. [50] wykryli 3 geny, które warunkują odporność odmiany 'Frontana', natomiast Van Ginkel i in. [53] donoszą, że linia 7840 i odmiana pszenicy 'Frontana' zawierają dwa dominujące geny odporności. Zastosowanie markerów molekularnych pozwoliło stwierdzić, że geny na chromosomie 3BS pszenicy wywierają największy wpływ na odporność tego gatunku na fuzariozy [9]. Dzięki estymacji efektów poszczególnych genów determinujących cechę ilościową odporności (QTL) na fuzariozy, stwierdzono na chromosomach 3B i 5A dwa czynniki (quantitative trait loci – QTL), warunkujące odporność typu I i typu II [56].

Dobór przedplonu

Badania wielu autorów wykazały, że istotnie niższe porażenie roślin grzybami z rodzaju *Fusarium* występowało w uprawie pszenicy po rzepaku i roślinach motylkowych grubonasiennych, a największe po zbożach [29, 42]. Rzepak i rośliny motylkowe jako przedplony pszenicy pełnią w zmianowaniu funkcję roślin fitosanitarnych. Uprawa ich w płodozmianie jako przedplonów pszenicy może być korzystna dla jej zdrowotności i plonowania. Również badania z obszaru Saksonii wykazały istotnie

niższe porażenie pszenicy po rzepaku ozimym, a największe po kukurydzy uprawianej zarówno na kiszonkę, jak i na ziarno (tab. 2). Kukurydza jest szczególnie złym przedplonem dla pszenicy w przypadku stosowania bezpłużnej uprawy roli lub siewu bezpośredniego. Badania Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie wykazały, że od 20–40% zasiewów kukurydzy ulega porażeniu przez zgorzel podstawy łodyg. Stwierdzono również znaczne różnice pod względem podatności na fuzariozy u poszczególnych mieszańców kukurydzy. Gatunkami dominującymi grzybów w zależności od roku badań były *F. culmorum* i *F. graminearum*. Analizując wartość przedplonową poszczególnych roślin uprawnych stwierdzono, że zboża są na ogół gorszymi przedplonami w porównaniu do rzepaku, ziemniaków, bobiku lub grochu [42]. Stosunkowo dobre efekty uzyskuje się w uprawie pszenicy po owsie [44].

Tabela 2. Wpływ różnych przedplonów na ryzyko porażenia pszenicy przez fuzariozy w Saksonii [38]

Silnie sprzyjające porażeniu			Słabo sprzyjające porażeniu	
Kukurydza na ziarno	Trawy	Pszenica ozima	Burak cukrowy	Rzepak ozimy
Kukurydza na kiszonkę	Trawy	Groch	Ziemniaki	Jęczmień ozimy

Pozytywny wpływ owsa uwidacznia się również w mieszankach z roślinami strączkowymi lub innymi zbożami. Stwierdzono, że porażenie roślin przez choroby podstawy źdźbła zależało w dużym stopniu od przedplonu, a owies jako roślina fitosanitarna w znacznym stopniu ograniczał rozwój tych grzybów [26]. Również różnogatunkowe mieszanki zbóż z owsem zmniejszały rozwój patogenicznych grzybów wywołujących zarówno choroby korzeni, podstawy źdźbła, jak i części nadziemnych roślin [59]. Z badań Kiecany i Kocyłak [20] wynika, że niektóre odmiany owsa odznaczają się dużą wrażliwością na grzyby z rodzaju *Fusarium*. Znaczenie roślin strączkowych w zmianowaniach zbożowych zwiększa się znacznie w systemach uproszczonych, gdzie porażenie pszenicy chorobami podstawy źdźbła i fuzariozami kłosa może być kilkukrotnie większe.

Sposób uprawy roli

Podstawą istotnego zmniejszenia porażenia pszenicy chorobami podstawy źdźbła i fuzariozami kłosa jest odpowiednie postępowanie z resztkami poźniwnymi przedplonów. Słoma zbóż lub kukurydzy po zbiorze przedplonu powinna być pocięta na sieczkę długości 2–3 cm i równomiernie rozłożona na polu. W celu szybszego rozkładu słomy należy umieścić ją w wierzchniej warstwie gleby na głębokości 10–15 cm, gdyż górne warstwy gleby odznaczają się znacznie większą liczebnością bakterii, promieniowców oraz antagonistycznych grzybów, które w krótkim czasie mogą rozłożyć zalegające resztki poźniwne [14]. Badania własne [58], Frielinghaus i in. [14] oraz Kity i in. [22] wskazują, że uprawy bezpłużne prowadzą do zwiększenia liczebności bakterii i grzybów antagonistycznych z rodzaju *Alternaria*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Nigrospora*, które mogą wpływać na inny skład i liczebność

patogenów chorobotwórczych. Umieszczenie resztek poźniwnych w wierzchniej warstwie gleby powoduje szybszy rozkład substancji organicznej, co może wpływać na zmniejszenie liczebności grzybów chorobotwórczych [58].

Badania wpływu sposobów uprawy roli na występowanie tych chorób nie dają jednoznacznych wyników [8]. Dill-Macky i Jones [10], jak również Małecka i in. [30] wykazali że, w systemach uproszczonych uprawy roli, a zwłaszcza przy stosowaniu siewu bezpośredniego, pozostające na powierzchni resztki poźniwne mogą stać się bezpośrednim źródłem chorób fuzaryjnych [10, 30]. Różalski i in. [42] stwierdzili znaczny wpływ uprawy „zerowej” na zmniejszenie porażenia przez *Gaeumannomyces graminis*. Schmidt i Stahl [49] oraz Nitzsche i in. [38] donoszą o występowaniu w mniejszym nasileniu chorób podstawy źdźbła w warunkach uprawy bezpługowej. Natomiast inni autorzy nie wykazali istotnych różnic w nasileniu chorób w zależności od stosowanych zabiegów agrotechnicznych [7]. Publikacje z obszaru Ameryki Północnej podkreślają znacznie większy wpływ warunków atmosferycznych niż sposobów uprawy roli na porażenie pszenicy grzybami warunkującymi fusariozy kłosa [13, 46]. Zróżnicowane porażenie przez grzyby powodujące fuzaryjną zgorzel podstawy źdźbła i fusariozy kłosa może wynikać z efektu „ochronnego” uprawy pługowej, która nagromadzone na powierzchni resztki poźniwne wprowadza w głąb gleby [16]. Stała temperatura oraz wilgotność w dolnych warstwach gleby utrzymuje formy przetrwalnikowe grzybów w dobrej kondycji. Następna orka wynosi patogeny na powierzchnię, gdzie w przypadku zasiewu zbóż uzyskują one optymalne warunki rozwoju. Uprawa bezpługowa pozostawia resztki poźniwne na powierzchni lub w górnych warstwach gleby. Pozostałości te wraz z grzybami chorobotwórczymi w wyniku zmiennej temperatury, wilgotności i przyspieszonych procesów gnilnych mogą ulegać szybkiemu rozkładowi [16]. Wyniki uzyskane z obszaru Polski i Europy Zachodniej są odmienne i mniej jednoznaczne. Przyczyną mogą być różne warunki klimatyczne, odmiany w doświadczeniach i stosowane zmianowania na polu, np. w Saksonii liczebność grzybów w ziarnie pszenicy zależała od roku badań i sposobu uprawy roli (tab. 3).

Tabela 3. Liczba *Fusarium* w 1 gramie ziarna pszenicy w zależności od sposobu uprawy roli w latach 1996–1998

Sposób uprawy roli	Lata	<i>Fusarium</i> ogółem	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Fusarium poae</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>
Pług	1996	22,0	—	—	—	22,0
	1997	1,0	—	—	1,0	—
	1998	146,5	—	137,5	—	9,0
Gruber	1996	42,5	—	—	—	42,5
	1997	14,0	12,0	—	—	2,0
	1998	81,0	—	47,0	1,5	32,5
Brona	1996	86,5	—	68,5	—	18,0
	1997	0,5	—	—	0,5	—
	1998	4,5	—	4,5	—	—

Zmianowanie: Burak cukrowy–pszenica ozima–jęczmień ozimy. Gleby lessowe – Saksonia.

W przypadku niskiej zawartości azotu mineralnego w glebie należy również zastosować nawożenie tym składnikiem w ilości 6–10 kg na 1 tonę słomy zbóż, co przyczyni się do szybszego rozkładu masy organicznej. Im dłuższy jest okres między umieszczeniem rozdrobnionej słomy w wierzchniej warstwie gleby a siewem pszenicy, tym większe istnieje prawdopodobieństwo rozkładu resztek poźniwnych. Dlatego po przedplonach zbożowych lepszym rozwiązaniem jest wysiew zbóż jarych, które w wyniku dłuższego czasu pomiędzy zbiorem przedplonu a wysiewem zbóż na wiosnę będą w mniejszym stopniu porażane przez kompleks chorób podstawy źdźbła.

Posumowanie

Przedstawione wyniki badań wskazują na znaczną zmienność odmian pod względem odporności na fuzaryjną zgorzel podstawy źdźbła i fuzariozy kłosa, a także znaczące działanie przedplonu w ograniczaniu chorób fuzaryjnych zbóż. Również sposób uprawy roli wywiera istotny wpływ na zmniejszenie liczebności grzybów wywołujących choroby podstawy źdźbła i kłosa. Uprawa roli powinna być dostosowana do odmian pszenicy (szczególnie jakościowych) i przedplonów, aby ograniczyć nasilenie porażenia kłosów fuzariozami. Zróżnicowane działanie bezpłucznych sposobów uprawy roli na stopień porażenia pszenicy przez grzyby z rodzaju *Fusarium* uzależnione jest głównie od warunków atmosferycznych. Opady deszczu w okresie między zbiorem przedplonu a zasiewem rośliny następczej wpływają na zwiększenie aktywności biologicznej górnych warstw gleby i przyspieszają mineralizację resztek poźniwnych. Natomiast obniżona wilgotność gleby między zbiorem przedplonu a siewem pszenicy ogranicza rozkład słomy i przyczynia się do większego porażenia pszenicy przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Znaczny udział zbóż i kukurydzy w strukturze zasiewów w Polsce, szczególnie na obszarze Polski południowo-zachodniej wskazuje, że problem ten w najbliższym okresie powinien być również dogłębnie przeanalizowany w naszym kraju. Kompleksowa analiza odmian pszenicy przy różnych sposobach uprawy roli w warunkach klimatycznych Polski przyczynić się może do wyższej jakości ziarna w żywieniu ludzi i zwierząt, jak również wyższych plonów.

Literatura

- [1] Anken T., Irla E., Ammann H., Heusser J., Scherrer C. 1999. Bodenbearbeitung und Bestellung, Winterweizen eignet sich bestes für minimale Bestellverfahren. FAT Berichte – Switzerland 534: 6–8.
- [2] Arseniuk E., Góral T. 2005. Mykotoksyny fuzaryjne w ziarnie zbóż i kukurydzy. *Hod. Rośl. i Nasien.* 3: 27–33.
- [3] Arseniuk E., Góral T., Czembor H.J. 1993. Reaction of triticale, wheat and rye accessions to graminaceous *Fusarium* spp. at the seedling and adult plant stages. *Euphytica* 70: 175–183.

- [4] Bai G.H., Shaner G. 1994. Scab of wheat. Prospects for control. *Plant Dis.* 78: 760–766.
- [5] Baturó-Czajkowska A., Łukanowski A., Sadowski C. 1999. Health status of winter wheat farmed under ecological and conventional conditions. *Bulletin of Polish Academy of Biological Sciences* 47(2–4): 59–64.
- [6] Beck B., Süß A., Lepschy J. 1993. Fusarien verantwortlich für Bierfehler? *Pflanzenschutz-Praxis* 2: 26–29.
- [7] Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G., Pudełko J. 2000. Wpływ grochu jako rośliny regenerującej na występowanie chorób i plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach uprawy roli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 470: 13–19.
- [8] Bockus W., Davis M., Norman B. 1994. Effect of soil shading by surface residues during summer fallow on take all of winter wheat. *Plant Dis.* 78(1): 50–54.
- [9] Buerstmayr H., Lemmens M., Hartl L., Doldi L., Steiner B., Stierschneider M., Ruckebauer P. 2002. Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. I. Resistance to fungal spread (Type II resistance). *Theor. Appl. Genet.* 104: 84–91.
- [10] Dill-Macky R., Jones R.K. 2000. The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Dis.* 84: 71–76.
- [11] Doohan F., Metewab A., Nicholson P. 2000. Antifungal activity toward *Fusarium culmorum* in soluble wheat extracts. *Phytopathology* 90: 666–671.
- [12] Domitruk D.R., Duggan B.L., Fowler D.B. 2001. Genotype–environment interaction of no-till winter wheat in Western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 81: 7–16.
- [13] Fernandez M.R., Selles F., Gehl D., DePauw R.M., Zentner R.P. 2005. Crop production factors associated with *Fusarium* head blight in spring wheat in Eastern Saskatchewan. *Crop Sci.* 45: 1908–1916.
- [14] Frielinghaus M., Hoflinch M., Rogasik H., Schäfer H. 1997. Auswertung eines Langzeitexperimentes zur konservierenden Bodenbearbeitung von Sandböden und Einschätzung des Erfolges. *Arch. Acker. Pfl. Boden.* 141: 383–402.
- [15] Halvorson A.D., Black A.L., Krupinsky J.M., Merrill S.D., Wienhold B.J., Tanaka D.L. 2000. Spring wheat response to tillage system and nitrogen fertilization within a crop-fallow system. *Agron. J.* 92: 288–294.
- [16] Heyland K. 1988. Pflügen oder Pfluglosarbeiten aus pflanzenbaulicher Sicht. Integrierter Pflanzenbau – Bodenbearbeitung. 3: 61–66.
- [17] Gang G. 1997. Genetische umweltbedingte und physiologische Einflüsse auf Resistenz bzw. Aggressivität im Pathosystem Roggen/ *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) SACC. PhD Thesis, Univ. Stuttgart Hohenheim, Germany: 5–115
- [18] Gang G., Miedaner U., Schuhmacher U., Schollenberger M., Geiger H.H. 1998. Deoxynivalenol and nivalenol production by *Fusarium culmorum* isolates differing in aggressiveness towards winter rye. *Phytopathology* 88: 879–884.
- [19] Gagkaeva T., Levitin M. 1997. Composition of *Fusarium graminearum* SCHWABE populations collected in different regions of Russia. Fifth European Fusarium Seminar, Szeged, Hungary: 591–593.
- [20] Kiecana I., Kocylak E. 1999. Pathogenicity of *Fusarium* spp. on oat seedlings (*Avena sativa* L.). *Plant Breeding Seed Sci.* 43(1): 92–99.

- [21] Kiecana I., Wojciechowski S., Chełkowski J. 1997. Reaction of winter wheat cultivars to *Fusarium avenaceum* (Fr) SACC. and *F. culmorum* (W.G.S.M.) SACC. under different localities. *Pol. Agricul. Annual S.E.* 26(1-2): 61-65.
- [22] Kita W., Matkowski K., Płaskowska E., Moszczyńska E., Szewczuk V., Jarosz B. 2000. The influence of metabolites *Nigrospora oryzae* on secale cereale seedlings infected with *Fusarium culmorum*. *Phytopathol. Pol.* 19: 141-146.
- [23] Kolb F.L., Bai G.H., Muehlbauer G.L., Anderson J.A., Smith K.P., Fedak G. 2001. Host plant resistance genes for *Fusarium* head blight. Mapping and manipulation with molecular markers. *Crop Sci.* 41: 611-619.
- [24] Kostecki M., Kaptur P., Wojciechowski S., Kaczmarek Z., Wiśniewska H., Goliński P. 1997. The effect of head blight on reduction of yield traits and moniliformin accumulation in kernels of 17 winter wheat cultivars inoculated with *Fusarium avenaceum*. *Plant Breeding Seed Sci.* 41(1): 76-82.
- [25] Kubiak K., Korbas M. 1999. Occurrence of fungal diseases on selected winter wheat cultivars. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 39(2): 801-804.
- [26] Lemańczyk G. 2002. Wpływ zróżnicowanych przedplonów na zdrowotność podstawy źdźbła pszenicy ozimej uprawianej na glebie dobrego kompleksu pszennego. *Scient. Pol. Acta Agricultura* 1(1): 111-119.
- [27] Lemmens M., Josephs R., Schumacher R., Grausgruber H., Buerstmayr H., Ruckenbauer P., Neuhold G., Fidesser M., Krska R. 1997. Head blight (*Fusarium* spp.) on wheat : investigations on the relationship between disease symptoms and mycotoxin content. *Cereal Res. Comm.* 25: 459-465.
- [28] Łacicowa B., Pięta D. 1998. Effects of temperature and rainfall on spring barley stem base diseases (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agrobot.* 51(1-2): 51-61.
- [29] Lopez-Bellido F., Fuentens M., Castillo J., Lopez-Garrido F., Fernandez F. 1996. Long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfall Mediterranean conditions. *Agron. J.* 88: 783-791.
- [30] Małecka I., Blecharczyk A., Sawińska Z. 2001. Wpływ systemów uprawy roli na występowanie chorób w pszenicy ozimym i jęczmieniu jarym. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 41(2): 920-923.
- [31] Martin R.A., Johnston H.W. 1982. Effects and control of *Fusarium* diseases of cereal grains in the Atlantic Provinces. *Can. J. Plant Pathol.* 4: 210-216.
- [32] Mesterhazy A. 1995. Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Breeding* 114: 377-386.
- [33] Mesterhazy A. 2002. Role of deoxynivalenol in aggressiveness of *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum* and resistance to *Fusarium* head blight. *European J. Plant Pathology* 108: 675-684.
- [34] Mesterhazy A., Bartok T., Mirocha C.G., Komoroczy R. 1999. Nature of wheat resistance to *Fusarium* head blight and the role of deoxynivalenol for breeding. *Plant Breeding* 118: 97-110.
- [35] Miedaner T., Reinbrecht C., Lauber U. 2001. Effects of genotype-environment interaction on deoxynivalenol accumulation and resistance to *Fusarium* head blight in rye, triticale and wheat. *Plant Breeding* 120: 97-105.
- [36] Moro J., Denis J.B. 1997. Selecting genotypes by clustering, for qualitative genotype by environment interaction, using a non symmetric inferiority score. *Agronomie* 17: 283-289.

- [37] Muthomi J.W., Schütze A., Dehne H.W., Mutitu E.W., Oerke E.C. 2000. Characterization of *Fusarium culmorum* isolates by mycotoxin production and aggressiveness to winter wheat. *J. Plant Diseases and Protection*. 107(2): 113–123.
- [38] Nitzsche O., Schmidt W., Gebhart C. 2002. Fusariumbefall vorbeugen. *Neue Landwirtschaft* 5: 40–41.
- [39] Perkowski J. 1999. Badania zawartości toksyn fuzaryjnych w ziarnie zbóż.. *Rocz. Akad. Rol. Poznań, Rozpr. Nauk*. 295: 3–136.
- [40] Rasmussen K.J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and quality. A Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53(1): 3–14.
- [41] Rozman L., Vasilij D., Kozumplik V. 1997. Yield stability in long-term released maize hybrids FAO 100 and 200. *J. Agron. Crop Sci.* 179: 193–199.
- [42] Różalski K., Blecharczyk A., Skrzypczak G., Piechota T. 1998. Choroby podsuszkowe pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach w systemie siewu bezpośredniego. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 38: 555–557.
- [43] Rudd J.C., Horsley R.D., McKendry A.L., Elias E.M. 2001. Host plant resistance genes for *Fusarium* head blight: Sources, mechanisms, and utility in conventional breeding systems. *Crop Sci.* 41: 620–627.
- [44] Rudnicki F., Wasilewski P. 2000. Znaczenie mieszanek zbożowych i zbożowo-strączkowych w ograniczaniu ujemnych skutków dużego udziału zbóż w zmianowaniu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 470: 127–136.
- [45] Salas B., Steffenson B.J., Casper H.H., Tacke B., Prom L. K., Fetch T.G., Schwarz P.B. 1999. *Fusarium* species pathogenic to barley and their associated mycotoxins. *Plant Dis.* 83: 667–674.
- [46] Schaafsma A.W., Tamburic-Ilinic L., Miller J.D., Hooker D.C. 2001. Agronomic considerations for reducing deoxynivalenol in wheat grain. *Can. J. Plant Pathol.* 23: 279–285.
- [47] Schade-Schütze A. 1999. Auftreten und biologische Charakterisierung von *Fusarium* – Arten i Weizenanbau. PhD Thesis, Univ. Bonn. Germany.
- [48] Schilling A.G., Miller E. M. Geiger H.H. 1996. Polymerase chain reaction-based assays for species specific detection of *Fusarium culmorum*, *F. graminearum* and *F. avenaceum*. *Phytopathology* 86: 515–522.
- [49] Schmidt W., Stahl H. 1996. Pfluglose Bestellverfahren im Aufwind. *Neue Landwirtschaft, Sonderdruck* 6: 2–6.
- [50] Singh R.P., Ma H., Rajaram S. 1995. Genetic analysis of resistance to scab in spring wheat cultivar Frontana. *Plant Dis.* 79: 238–240.
- [51] Smijders C.H.A., Kretching C.F. 1992. Inhibition of deoxynivalenol translocation and fungal colonization in *Fusarium* head blight resistant wheat. *Can. J. Bot.* 70: 1570–1576.
- [52] Smijders C.H.A., Perkowski J. 1990. Effects of head blight caused by *Fusarium culmorum* on toxin content and weight of wheat kernels. *Phytopathology* 80: 556–570.
- [53] Van Ginkel M., Van der Schaar W., Zhuping Y., Rajaram S. 1996. Inheritance of resistance to scab in two wheat cultivars from Brazil and China. *Plant Dis.* 80: 863–867.
- [54] Varga B., Svecnjak Z., Pospisil A. 2001. Winter wheat cultivar performance as affected by production systems in Croatia. *Agron. J.* 93: 961–966.
- [55] Wachowska U. 1998. Fungi communities colonizing the stem base of winter wheat. *Acta Mycologica* 33(2): 287–297.

- [56] Waldron B.L., Moreno-Sevilla B., Anderson J.A., Stack R.W., Frohberger R.C. 1999. RFLP mapping of QTL for *Fusarium* head blight resistance in wheat. *Crop Sci.* 39: 805–811.
- [57] Wann Y.F., Chi Yen J.L.Y., Deng-Cai Lin. 1997. The diversity of resources resistant to scab in *Triticeae* (*Poaceae*). *Wheat Information Service* 84: 7–12.
- [58] Weber R., Kita W., Hryńczuk B., Runowska-Hryńczuk B. 2001. Effects of tillage methods on the occurrence of culm base disease in several winter wheat cultivars. *EJPAU*, 4, Issue 2, series Agronomy.
- [59] Wenda-Piesik A., Lemańczyk G. 1997. Health status of lower stem and roots of spring barley and oat cultivated in pure stand and in mixture with leguminous plants. *J. Appl. Genet.* 38B: 87–96.
- [60] Wiśniewska H., Chełkowski J. 1996. Evaluation of susceptibility to *Fusarium* seedling blight in winter wheat cultivars using digital image analysis. *Plant Breeding Seed Sci.* 40: 159–162.

Treat and the ways of reducing fusariosis in wheat

Key words: wheat, fungal diseases, mycotoxin, soil tillage, forecrop

Summary

Paper discussed the problem of stem base diseases and fusariosis of ear as dependent on the forecrop, variety and the way of soil tillage. Most frequently occurring *Fusarium* fungi were described. *Fusarium* fungi worsen the quality of grain and may considerably decrease the yields. The fungi produce a number of secondary metabolites having toxic influence on the people, animals and plants. It was found that the most dangerous source of stem base diseases and fusariosis of ear are *F. culmorum* and *F. graminearum*. These fungi produce DON-deoxynivalenol mycotoxin, whereas other less aggressive strains produce NIV-nivalenol mycotoxin. Cereal crops or maize as the wheat forecrops result in particularly dangerous yield decrease and an attack of seed grains by mycotoxins.

Wykorzystanie komunikacji chemicznej między roślinami do zwalczania chwastów pasożytniczych

Anna Dzierżyńska

*Katedra Fizjologii Roślin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
e-mail: anna_dzierzynska@sggw.pl*

Słowa kluczowe: roślina pasożytnicza, stymulator kiełkowania, induktor ssawek, kontrola chwastów, odporność na parazytofity

Wstęp

Organizm pasożytniczy czerpie substancje odżywcze z innego organizmu, nie dając nic w zamian. Pasożytnictwo występuje także wśród roślin wyższych. Jest zjawiskiem marginalnym, bo obejmuje zaledwie 1% wszystkich gatunków roślin nasiennych. Rośliny pasożytnicze to zróżnicowana grupa około 4000 gatunków z 22 rodzin roślin dwuliściennych [15, 27]. Wśród nich znajdują się jednak rośliny, które nazywano chwastami pasożytniczymi, ponieważ infekują ważne gospodarczo uprawy [27, 38]. Pasożyty roślinne to inaczej parazytofity [20].

Cechą specyficzną, właściwą tylko dla parazytofitów, jest haustorium, czyli organ intruzyjny zwany po polsku ssawką. Jest to zmodyfikowany korzeń, który umożliwia pasożytowi wniknięcie do gospodarza i korzystanie z jego związków odżywczych. Pasożyt może wytwarzać haustorium pod ziemią lub nad ziemią, dlatego ze względu na miejsce połączenia pasożyta z gospodarzem wyróżniamy pasożyty korzeniowe i łodygowe [3].

Ze względu na fizjologię gospodarza i pasożyta bardziej istotny wydaje się podział na pasożyty całkowite i półpasożyty. Opiera się on na zdolności fotosyntetycznego wiązania węgla. Pasożyty całkowite (holoparazytofity) nie zawierają chlorofilu i nie przeprowadzają procesu fotosyntezy. Są więc całkowicie zależne od gospodarza, pobierając związki organiczne głównie z jego floemu, a jony oraz wodę z ksylemu. Jako pasożyty obligatoryjne, żeby przeżyć, muszą po wykiełkowaniu połączyć się z gospodarzem. Półpasożyty (hemiparazytofity) są zdolne do wytworzenia organicznych związków węgla w procesie fotosyntezy, a stopień ich zależności węglowej od

gospodarza wynika z intensywności wiązania przez nie CO₂. W zasadzie półpasożyty pobierają z gospodarza tylko wodę i sole mineralne [40]. Wyróżniamy półpasożyty obligatoryjne oraz fakultatywne, czyli takie, które mogą osiągać dojrzałość i wydać nasiona bez obecności gospodarza. Rośliny półpasożytnicze fakultatywne jako wolnożyjące występują niezmiernie rzadko i osiągają mniejsze rozmiary w stosunku do roślin występujących na roślinie gospodarzu [3, 28].

Znaczenie gospodarcze

Parazytofity, które powodują największe straty w roślinach uprawnych w skali globalnej, to gatunki z rodzajów *Striga*, *Orobanche* i *Cuscuta*.

Gatunki *Striga* – obligatoryjne półpasożyty korzeniowe, funkcjonujące jak pasożyty całkowite z powodu niskiej aktywności fotosyntetycznej – to groźne chwasty w uprawach zbóż: kukurydzy, sorga, prosa i ryżu, szczególnie na kontynencie afrykańskim. Występują one jako wskaźnik gleb o małej żyzności i o niskiej zawartości składników pokarmowych. Straty plonu ziarna powodowane przez te gatunki mogą przekraczać 50%. Spadek wzrostu i produktywności rośliny uprawnej jest wynikiem obniżenia intensywności fotosyntezy, wzrostu intensywności oddychania oraz przyspieszonego starzenia liści. Na skutek obecności pasożyta, który jest dodatkowym akceptorem asymilatów, zmienia się też dystrybucja asymilatów. *Striga hermonthica* powoduje w uprawach roślin motylkowatych Afryki straty ekonomiczne rzędu 7 milionów dolarów USA rocznie [20].

Liczne gatunki zarazy z rodzaju *Orobanche* – pasożyty korzeniowe – stanowią istotne zagrożenie ważnych upraw: *O. cumana* – słonecznika (we wschodniej Europie, wokół Morza Czarnego, w Hiszpani), *O. ramosa* i *O. aegyptica* – pomidora i ziemniaka, tytoniu, marchwi, sałaty i innych (w południowej Europie) i *O. crenata* – roślin motylkowych (w rejonie Morza Śródziemnego) [8, 24, 25, 29]. Największe straty ekonomiczne powodowane przez te pasożyty notowane są w regionie śródziemnomorskim i wynikają z obniżenia jakości i wielkości plonu roślin uprawnych z rodzin *Leguminosae*, *Solanaceae*, *Compositae* i *Cruciferae* [16]. Zainfekowane uprawy mogą być znacznie uszkodzone przez pasożyty z rodzaju *Striga* i *Orobanche* jeszcze przed ich wschodami [25]. W Polsce występują 2 gatunki z rodzaju *Orobanche*: zaraza gałęzista – *O. ramosa* L., pasożytująca niezbyt często na konopiach i tytoniu, czasem na kapuście, pomidorach i ziemniakach w rejonie południowej i środkowej Polski, oraz *O. teuricii* HOLLANDIE – zaraza ożankowa na motylkowatych, głównie koniczynie, lucernie i nostryku [23, 43].

Termofilne gatunki z rodzajów *Orobanche* i *Striga* są zagrożeniem głównie dla tradycyjnego, ekstensywnego rolnictwa rejonów gorących i suchych. System intensywnego gospodarowania stwarza jednak, ze względu na częste pojawianie się gospodarza, sprzyjające warunki reprodukcji pasożyta i zwiększa prawdopodobień-

stwo porażenia upraw [38]. Można przypuszczać, że w miarę ocieplania klimatu na skutek efektu cieplarnianego, zasięg gatunków pasożytniczych będzie się powiększał nie tylko w Afryce [45], ale i w Europie [32].

Kanianka *Cuscuta cesatiana* BERTOL., synonim *Cuscuta arvensis* BEYR., jest chwastem pasożytniczym łądługowym, powszechnie spotykanym w rejonach klimatu umiarkowanego i ekosystemach subtropikalnych. Szczególnie trudna jest jej kontrola w uprawach buraka cukrowego i lucerny [5]. Jest to niebezpieczny chwast w południowej Europie, na Węgrzech oraz w Ameryce Północnej [23]. W Polsce z rodzaju *Cuscuta* występują: *C. epithymum* (L.) L. STR. – kanianka macierzankowa, pospolita na terenie całego kraju, pasożytująca na koniczynach, lucernie, komonicy zwyczajnej i przelocie, jak również na trawach i chwastach; *C. europea* L. – k. pospolita (europejska) na chmielu, konopiach, ziemniakach, tytoniu, koniczynie, lucernie i wykach, na niżu i niższych lokalizacjach górskich; *C. campestris* YUNCK. – k. polna na koniczynach, lucernie siewnej i wyce jarej, ale także na roślinach ozdobnych, owsie, jęczmieniu i papryce, na południu kraju; *C. epilinum* WEIHE – k. lnowa na lnie, spotykana obecnie bardzo rzadko na wschodzie kraju oraz *C. trifolii* BAB. & GIBSON – k. koniczynowa na koniczynie i lucernie [23, 43]. Obecnie w Polsce chwasty pasożytnicze występują lokalnie, ale sytuacja może ulec zmianie [32].

Wybrane etapy cyklu rozwojowego pasożytów korzeniowych z rodzaju *Orobanche*

Cykl życiowy pasożytów korzeniowych z rodzaju *Orobanche* (oraz podobny do niego cykl życiowy gatunków z rodzaju *Striga*) obejmuje następujące etapy: spoczynek nasion w glebie, kiełkowanie po stymulacji nasion przez wydzieliny korzeniowe gospodarza, wzrost chemotropowy kielka w kierunku gospodarza, wytworzenie ssawki, przytwierdzenie ssawką pod ziemią do gospodarza i etap wschodów polegający na przekształceniu kielka w pęd nadziemny, z którego wyrastają pseudokorzenie zakończone ssawkami. U roślin jednorocznych pęd nadziemny zakwita, wydaje nasiona i ginie. Jedna roślina może wydać ponad 100 tysięcy nasion. W gatunkach dwu i wieloletnich roślina zarazy rozwija się pod ziemią w formie pędu o kształcie bulwki, gromadzącego skrobię. Z bulwki wyrastają pseudokorzenie, które po zetknięciu z korzeniami gospodarza tworzą nowe ssawki. Pąk łądługowy, pokryty gęsto łuskami, wytwarza się na szczycie bulwki w ostatnim roku życia. Wyrasta w nadziemny pęd kwiatowy, wykształca nasiona i ginie [12, 23, 25, 38].

Kiełkowanie i faza siewki jest okresem krytycznym, w którym pasożyt obligatoryjny musi znaleźć gospodarza. Sukces w tym względzie rośliny pasożytnicze zapewniają sobie na różny sposób, np. dzięki komunikacji chemicznej. Wymiana sygnałów chemicznych między gospodarzem a pasożytem następuje w kolejnych etapach związku pasożytniczego [11], co przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Komunikacja chemiczna pomiędzy rośliną pasożyta i rośliną gospodarza

Etap związku pasożytniczego	Pasożyt – p	Sygnal chemiczny → kierunek sygnału	Gospodarz – g
1. Kielkowanie i rozwój siewki pasożyta	nasiona pasożyta	stymulator kiełkowania p ← g	korzeń gospodarza
2. Nawiązanie kontaktu z gospodarzem	korzonek siewki pasożyta	sygnal pobudzający wydzielanie induktora rozwoju haustorium p → g	korzeń gospodarza
3. Indukcja rozwoju ssawek pasożyta	pre-haustorium	induktor rozwoju haustorium p ← g	korzeń gospodarza
4. Przytwierdzenie i przenikanie ssawek pasożyta do korzenia gospodarza	korzeń pasożyta z haustorium przenikającym do gospodarza	sygnal wnikania haustorium p → g	korzeń gospodarza z wnikającym do niego haustorium
5. Rozwój ssawki i wytworzenie dróg transportu związków pokarmowych do pasożyta	haustorium pasożyta połączone z tkankami przewodzącymi gospodarza	sygnal dojrzewania haustorium p ← g	tkanki przewodzące korzenia gospodarza połączone z tkankami przewodzącymi w haustorium pasożyta

Chemiczna stymulacja kiełkowania roślin pasożytniczych

Kiełkowanie roślin pasożytniczych następuje w środowisku o odpowiedniej wilgotności, stężeniu tlenu, temperaturze, czasem też odpowiednich warunkach świetlnych. Niektóre jednak rodzaje pasożytów korzeniowych z rodzaju *Orobanch* oraz półpasożyty z rodzaju *Striga* (rodzina *Scrophulariaceae*) wymagają pobudzenia kiełkowania przez stymulatory chemiczne pochodzące od gospodarza [11]. Zjawisko to dotyczy pasożytów z rodzin *Scrophulariaceae*, *Orobanchaceae*, *Balanophoraceae*, *Rafflesiaceae*, *Hydnoraceae* i *Lennoaceae*, z których większość wymaga także chemicznej indukcji rozwoju ssawek [40]. Gatunki pasożytnicze, wymagające stymulacji chemicznej kiełkowania, to rośliny o bardzo drobnych, nieprzekraczających 0,45 mm długości nasionach. Drobne nasiona mają niewielkie rezerwy pokarmowe i siewka, bez przytwierdzenia ssawką do gospodarza, żyje zaledwie parę dni [27]. Nasiona takie kiełkują wyłącznie w obecności związków chemicznych zawartych, w bardzo małych stężeniach, w wydzielinach korzeniowych gospodarza (lub fałszywego gospodarza) [24]. Te bardzo labilne związki nazywa się stymulatorami kiełkowania i określa zbiorczą nazwą strigolaktony [40]. Należą one do klasy metabolitów wtórnych roślin – izoprenoidów [24]. Z powodu ich roli w rozpoznaniu gospodarza nazywane bywają także ksenognoziny (z gr. *ksenos* – obcy, *gnosis* – poznanie) [15]. Ksenognozą określa się złożony proces rozpoznawania przez jeden organizm sygnałów wytwarzanych przez drugi organizm [32]. Ksenognoziny pozwalają na identy-

fikację rodzaju gospodarza i odległości od gospodarza [27]. Dzięki nim kiełkowanie pasożyta odbywa się wyłącznie w strefie korzeniowej gospodarza [15]. Badania tych związków sygnalnych dotyczyły głównie ich chemicznej identyfikacji, także na poziomie molekularnym, ale mechanizm ich działania nie jest do końca poznany [31, 46].

Badanie stymulatorów kiełkowania z wydzielin korzeniowych jest utrudnione z powodu ich niskiego stężenia i dużej niestabilności, chemicznej różnorodności oraz heterogeniczności środowiska glebowego. Do tej pory nie ma jednoznacznego dowodu, że kiełkowanie pasożyta w warunkach polowych jest zależne od jednego związku [7]. Pierwszy zidentyfikowany stymulator kiełkowania – strigol, został wyizolowany z bawełny, niebędącej gospodarzem pasożyta z rodzaju *Striga*, w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku, a ostatecznie jego strukturę zbadano w połowie lat osiemdziesiątych [40]. Do znanych obecnie stymulatorów kiełkowania roślin pasożytniczych zaliczane są następujące związki: dla rodzaju *Striga* – SXSg (sorghum xenognosin for *Striga*) [11], czyli dihydrosorgoleon [24] oraz sorgoleony: p-benzochinon – utleniony, dihydrochinon – zredukowany (raczej allelopatyk) [7, 40] i strigol wydzielany przez sorgo, kukurydzę i proso [24, 40]. Bawełna stymuluje kiełkowanie nasion z roślin rodzaju *Striga* za pomocą nie tylko strigolu, ale też kwasu strigolowego i strukturalnie pokrewnego alektrolu [24]. Pierwszy stymulator kiełkowania nasion roślin z rodzaju *Orobanchaceae* – orobanchol, podobnie jak alektrol, zidentyfikowano w konicyzynie czerwonej [25]. Znane są także syntetyczne stymulatory kiełkowania *Orobanchae* i *Striga* spp., analogi i prekursorzy strigolu, np. GR24 [7, 24, 40]. Podobieństwo chemiczne strigolaktonów podchodzących z różnych roślin sugeruje, że powstają w tym samym szlaku biosyntezy. Strigolaktony są określane zwykle jako laktony seskwiterpenowe, ale wykazują też pewne podobieństwa strukturalne do wyższych terpenoidów, takich jak kwas abscy-synowy, pochodzący ze szlaku syntezy karotenoidów [7, 25].

Nasiona pasożyta po dojrzeniu pozostają w spoczynku. Wymagają warunków ciepłych i suchych przed fazą kondycjonowania w warunkach ciepłych i wilgotnych [9]. Stymulatory kiełkowania działają w roztworze glebowym w stężeniach zależnych od rodzaju związku: strigol 10^{-15} mol \cdot m $^{-3}$, a sorgoleon 10^{-10} mol \cdot m $^{-3}$ [40]. Wrażliwość nasion *Orobanchae* i *Striga* spp. na działanie stymulatora wzrasta istotnie na skutek prekondycjonowania, tzn. poddania przez pewien czas wilgotnych nasion działaniu temperatur w zakresie 5–30°C (21°C optimum dla *O. cumana* i 30°C dla *S. hermonthica*). Podczas prekondycjonowania nasiona *O. aegyptiaca* rozpoczynają aktywność metaboliczną, wykazując okresowe wzrosty natężenia oddychania i biosyntezy białek. Stwierdzono także odblokowanie ścieżki syntezy etylenu, związanego z kiełkowaniem nasion *S. hermonthica*. Przedłużony zabieg prowadzi w krótkim czasie do wtórnego spoczynku nasion i spadku wrażliwości na stymulator. Ma to istotne znaczenie ekologiczne, powoduje bowiem synchronizację terminu kiełkowania z odpowiednio wczesnym okresem sezonu wegetacyjnego, zapewniającym możliwość wydania nasion. Percepcja chemicznego stymulatora kiełkowania odbywać się może z udziałem receptora błonowego, prawdopodobnie podobnego do receptorów gibereliny, odgrywającej decydującą rolę w kiełkowaniu nasion roślin niepasożytniczych [6, 7, 24, 25].

Rola chemicznych stymulatorów kiełkowania w specyficzności gospodarza

Specyficzność względem gospodarza jest dodatkowym kryterium, umożliwiającym podział pasożytów. Pasożyty obligatoryjne mają zazwyczaj o wiele mniejszą liczbę gospodarzy niż pasożyty fakultatywne i mogą być nazywane specjalistami [11]. Małą specyficzność mają te pasożyty, które nie wymagają stymulatorów do kiełkowania [3]. Określenie „specyficzność gospodarza” ma zastosowanie w krańcowych przypadkach, w których wybór gospodarza jest bardzo wąsko ograniczony [11]. Na etapie stymulacji kiełkowania nasion rośliny pasożytniczej nie stwierdza się bezwzględnej specyficzności związku gatunku pasożyta i gospodarza, jednak jest ona w znacznym stopniu determinowana przez zdolność gospodarza do wytwarzania chemicznego stymulatora [7, 11, 25]. Kiełkowanie w obecności wydzielin korzeniowych różnych gospodarzy daje pasożytowi, o szerokim spectrum roślin-gospodarzy, szansę lepszego zaspokojenia potrzeb życiowych i przetrwania gatunku, wytwarzającego także ogromne ilości nasion [7, 25].

Rozwój siewki, nawiązanie kontaktu z gospodarzem

Po skiełkowaniu korzonek zarodkowy pasożytów korzeniowych z rodzaju *Orobancha* oraz półpasożytów korzeniowych z rodzaju *Striga* rośnie w kierunku gospodarza i tworzy ssawkę. Ssawka powstaje przez nabrzmienie wierzchołka korzonka i przekształcenie w strukturę mającą włoski, którymi pasożyt przytwierdza się do korzenia gospodarza. Jest to ssawka pierwotna. Ssawki wtórne nie są tworzone z merystemu wierzchołkowego, ale powstają w innych miejscach korzonka zarodkowego. Po etapie przytwierdzenia następuje etap penetracji ssawki do tkanek gospodarza, wytworzenia połączeń elementów przewodzących i rozpoczęcie pobierania substancji pokarmowych z gospodarza [11, 46].

Lokalizacja gospodarza i chemiczna indukcja rozwoju ssawek

Komunikacja chemiczna jest istotna także na etapie poszukiwania gospodarza. Kierunek wzrostu korzonka pasożyta może być uznany za chemotropizm i jest odpowiedzią na gradient stężenia stymulatora kiełkowania lub na obecność innych metabolitów wtórnych w wydzielinach korzeniowych gospodarza [6, 7, 24].

Wiele gatunków roślin pasożytniczych wymaga ksenogozin indukujących rozwój i różnicowanie ssawki. Wytworzenie i uwolnienie induktora ssawek określane bywa jako semageneza (z greckiego *sema* – znak, sygnał, *genesis* – pochodzenie) [31]. Znane obecnie induktory rozwoju ssawek (HIFs – haustoria inducing factors)

można podzielić na 4 grupy: flawonoidy, p-hydroksy kwasy, chinony i cytokininy. Pierwsze trzy grupy są strukturalnie związane z fenolami. Nie znane są jeszcze jednak, mimo kolejnych badań, cechy strukturalne decydujące o ich aktywności indukcyjnej. Cytokininy są różne od fenoli i prawdopodobnie nie współdziałają bezpośrednio z fenolowymi receptorami błonowymi [11]. Po kiełkowaniu półpaszy z rodzaju *Striga* powoduje uwolnienie przez gospodarza związków chemicznych o charakterze HIFs. Jednym z takich czynników rozwoju ssawek jest 2,6-dimetyloksy-p-benzochinon (DMBQ), produkt degradacji enzymatycznej ligniny ze ścian komórkowych epiblemy korzeni gospodarza [9, 27]. Inne znane obecnie induktory kiełkowania to: ksenognozina A i B [11, 40], analogi ksenognoziny A i B oraz sojasapogenol [40]. Rolę induktorów ssawek pełnić mogą także kwas ferulikowy, benzochinon i zeatyna [11]. Badania *in vitro* naturalnych i syntetycznych HIFs wykazały, że rozwój ssawek fakultatywnego półpaszy korzeniowego *Triphysaria versicolor* następuje w ciągu paru godzin po zastosowaniu takich związków, jak liczne kwasy fenolowe, flawonoidy czy DMBQ. Aktywne stężenia tych związków różniły się znacznie, a wiele z nich produkowanych było przez korzenie kukurydzy [2]. Ważną wskazówką dotyczącą mechanizmu działania HIFs była obserwacja, że aktywność indukcyjna jest skorelowana z wielkością ich potencjału osydo-redukcyjnego [2, 11]. HIFs mogą także stanowić związki z wydzielin korzeniowych gospodarza o charakterze allelochemów, czyli związków modyfikujących wzrost rośliny sąsiedniej [4].

Sposoby kontroli chwastów pasożytniczych, wykorzystujące komunikację chemiczną

Zwalczanie populacji chwastów pasożytniczych obejmuje: hodowlę, zabiegi agrotechniczne, metody biologiczne (*Fusarium oxysporium*), chemiczne (herbicydy selektywne, etylen, zaprawianie herbicydem nasion odpornej na herbicyd rośliny uprawnej) i fizyczne (solaryzacja gleby) [13, 14, 27, 35, 38]. Ponieważ jednak żadna z tych metod nie eliminuje całkowicie pasożytów, potrzebne są długoterminowe integrowane programy zwalczania [29]. Metody kontroli kwarantannowych gatunków chwastów pasożytniczych zalecane w Polsce obejmują zabiegi agrotechniczne i bezpośrednie niszczenie roślin kianianki i zarazy [12]. Ciekawe są próby wykorzystania w Chinach ważnego gospodarczo chwastu pasożytniczego *Cuscuta campestris* do zwalczania innego bardzo inwazyjnego chwastu *Mikania micrantha* [39].

Stymulacja chemiczna kiełkowania nasion chwastów pasożytniczych daje szansę wykorzystania jej poprzez blokowanie, przechwytywanie tych sygnałów lub ich dostarczenie przy braku gospodarza [40]. Sygnał chemiczny gospodarza może być odbierany przez różne organizmy glebowe, co znacznie komplikuje sytuację. Na uwagę zasługuje odkryty ostatnio fakt, że strigolaktyny stanowią nie tylko sygnał do

kiełkowania nasion roślin pasożytniczych, ale także do rozwoju symbiotycznych grzybów mikoryzowych gospodarza, szczególnie cennych w glebach o małej zawartości składników mineralnych [1]. Podobnie wydzielane do gleby flawonoidy mogą być zarówno allelopatykiem, jak i sygnałem do wytworzenia symbiozy rośliny motylkowej z bakteriami z rodzaju *Rhizobium*, w której wiązany jest azot atmosferyczny [31]. Mogą być one też sygnałem do indukcji rozwoju ssawek rośliny pasożytniczej [2].

Bardzo interesującą strategią zwalczania roślin pasożytniczych jest zastosowanie roślin produkujących stymulatory kiełkowania jako upraw „pułapek” lub „wyłapywaczy”, które można wysiewać jako międzyplony. Roślina „pułapka” nie produkuje induktora ssawek i jest odporna na pasożyta. Stymuluje kiełkowanie nasion, ale nie będąc gospodarzem powoduje, że siewka zamiera bez gospodarza. Roślina „wyłapywaczy” powoduje także masowe kiełkowanie roślin pasożyta i jest zbierana razem z pasożytem zanim ten wyda nasiona [7].

Syntetyczne stymulatory kiełkowania chwastów pasożytniczych, powodujące kiełkowanie „samobójcze”, bez obecności gospodarza, są także potencjalnymi środkami zwalczania pasożytów. Stymulatorem kiełkowania nasion roślin z rodzaju *Striga* może być etylen – gazowy regulator wzrostu roślin [35, 38]. Doglebowe zastosowanie etylenu w dawce $1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ powoduje w danym sezonie wegetacyjnym kiełkowanie „samobójcze” około 90% żywych nasion z glebowego banku nasion [27]. Mechanizm działania tego hormonu w przełamaniu spoczynku nasion nie jest jeszcze poznany [25].

Nasiona kianianki – *Cuscuta campestris* nie wymagają indukcji chemicznej do kiełkowania, a identyfikacja rośliny gospodarza przez kianiankę i nawiązanie kontaktu z jego łodygą przypisywane jest reakcji fototropicznej, regulowanej przez fitochrom B [5, 38]. Bezlistny pęd kianianki wykonuje ruchy nutacyjne, a gdy natrafi na gospodarza owija się wokół jego łodygi i wytwarza ssawki [12]. Sposób wyboru rośliny gospodarza nie jest poznany, choć sugeruje się udział lotnych związków produkowanych przez gospodarza [21].

Hodowla odmian odpornych

Najlepszym sposobem eliminacji chwastów pasożytniczych jest uprawa roślin odpornych lub tolerujących chwasty pasożytnicze. Stwarza ona jednak wiele problemów. Zależy w dużej mierze od specyficzności związku gospodarza z pasożytem. Dziedziczenie odporności jest zwykle poligenowe. Selekcja w warunkach polowych jest skomplikowana, a techniki selekcji *in vitro* wymagają potwierdzenia w warunkach polowych. Konieczne jest zastosowanie technik molekularnych do identyfikacji genów odporności. Istnieją wprawdzie źródła odporności zarówno wśród roślin uprawnych jak i prymitywnych czy dzikich [10], jednak niewielka liczba gatunków (np. ryż, sorgo i w pewnym stopniu kukurydza odporne na pasożyty z rodzaju *Striga*) wykazuje trwałą odporność na chwasty pasożytnicze [29]. Mechanizmy tej odporności mogą być różne i nie do końca zrozumiałe. Odporność gospodarza na pasożyta

może polegać na bezpośrednim zaburzeniu kolejnych etapów cyklu biologicznego pasożyta, od hamowania kiełkowania przez hamowanie rozwoju ssawki do hamowania funkcjonowania pasożyta na sposób biochemiczny lub mechaniczny [8, 18, 41].

Biochemiczne mechanizmy odporności przedinfekcyjnej mogą być oparte na obniżonej lub podwyższonej zawartości stymulatorów kiełkowania i hamowaniu rozwoju siewki pasożyta. Selekcja w kierunku niskiej zawartości stymulatorów kiełkowania doprowadziła do wyhodowania odmian sorgo o większej odporności na pasożyta z rodzaju *Striga* [7]. Pojedyncza recesywna mutacja u sorgo, dotycząca syntezy stymulatora kiełkowania nasion roślin z rodzaju *Striga*, może być tego przykładem [34]. Także podwyższona odporność tytoniu i papryki na pasożyty z rodzaju *Orobancha* polegać może na obniżonej indukcji kiełkowania pasożyta, na skutek niskiej zawartości stymulatorów kiełkowania [8, 15].

Wytworzenie połączenia pasożyta i gospodarza przez ssawki zależy od związku indukującego rozwój ssawki, ale może być powstrzymane przez toksyny gospodarza, co stanowi jeden z mechanizmów odporności na pasożyta i przejawia się jako miejscowe ciemnienie tkanki w miejscu infekcji [7, 8]. Ciemnienie to przypisywano miejscowej nekrozie na powierzchni styku tkanek gospodarza i pasożyta [47]. Ostatnio stwierdzono, że jest ono objawem wydzielania substancji blokujących przepływ ksylemowy w ssawce zarazy, co prowadzić może do nekrozy jej bulwek i zamierania pasożyta [33]. Także allelochemy z wydzielin korzeniowych gospodarza nie dopuszczają do porażenia, powodując zahamowanie wzrostu i zamieranie korzonka pasożyta. Dzieje się tak w przypadku związków kumarynowych wydzielanych przez korzenie słonecznika, działających na siewki pasożytów *O. cernua* i *O. cumana* [6, 7, 24]. Istnieją także mechanizmy odporności poinfekcyjnej, polegające na wytwarzaniu barier mechanicznych pomiędzy obydwoma organizmami [26, 33].

Podsumowanie i perspektywy na przyszłość

Parazytofity wykształciły szereg specyficznych cech fizjologicznych, które umożliwiają im wzrost i rozwój kosztem rośliny gospodarza. Powoduje to znaczne straty w uprawach rolniczych. Poznanie biologii chwastów pasożytniczych, a w szczególności sposób procesów prowadzących do porażenia gospodarza, tzn. stymulacji kiełkowania i indukcji ssawki parazytofita, umożliwi ich zwalczanie.

Wydaje się, że dalszy postęp w zwalczaniu chwastów pasożytniczych związany jest z zastosowaniem metod biologii molekularnej. *Arabidopsis thaliana* L. jest używana do badań jako model gospodarza, do identyfikacji genetycznych *loci* związanych z procesem pasożytowania roślin, od stymulacji kiełkowania i rozwoju ssawki pasożyta, przez jego podtrzymanie przy życiu, do reakcji gospodarza na pasożyta [16]. Kolejną rośliną modelową do funkcjonalnych badań genetycznych wczesnego etapu pasożytnictwa roślin z rodzaju *Orobancha* i identyfikacji genów

związanych ze szlakami biosyntezy stymulatorów kiełkowania nasion pasożyta, stała się roślina motylkowata *Medicago truncatula* GAERTN. [37]. Wadą tych roślin modelowych jest brak charakterystyki chemicznej wytwarzanych przez nie stymulatorów kiełkowania pasożyta [6].

Poznanie biosyntezy stymulatorów kiełkowania i genów z nią związanych może przyczynić się do powstania nowych odmian roślin uprawnych, odpornych na chwasty pasożytnicze i nowych metod kontroli tych chwastów [7]. Wśród linii *Arabidopsis thaliana* L., zmutowanych za pomocą szybkich neutronów, znaleziono linie ze zmniejszoną zdolnością stymulacji kiełkowania nasion roślin z rodzaju *Orobanche* [15]. Pojawia się jednak pytanie, czy roślina uprawna, która nie wydziela stymulatora kiełkowania, jest jednocześnie pozbawiona cennej mikoryzy, co sugerować mogą badania dotyczące strigolaktonów [1]. Ponadto optymalne stężenia stymulatora kiełkowania nasion, wydzielane przez gospodarza, powodują hamowanie kiełkowania nasion roślin z rodzaju *Orobanche* i stwarzają szansę zwiększonej ekspresji genów związanych ze szlakiem syntezy tego stymulatora w gospodarzu [22]. Dokładne poznanie struktury białka, które jest receptorem strigolaktonowego stymulatora kiełkowania nasion roślin z rodzaju *Striga* i *Orobanche*, powinno dać możliwość wytworzenia pasującego do receptora związku sygnałowego, który powodowałby „samobójcze” kiełkowanie tych parazytofitów [36]. Wpływ GR 24, syntetycznego stymulatora kiełkowania nasion roślin z rodzaju *Striga*, przejawia się wzrostem ekspresji dwu różnych fragmentów cDNA: (SHACS1) i (SHACS2), kodujących syntazę ACC (kwasu 1-aminocyklopropano-1-karboksylowego) i jednego (SHACO1), kodującego oksydazę ACC. Potwierdza to celowość dalszych badań udziału enzymów szlaku biosyntezy etylenu w kiełkowaniu nasion roślin z rodzaju *Striga* [42].

Pierwsze badania proteomiczne dotyczyły białek syntetyzowanych w trakcie rozwoju ssawek pasożyta *Striga hermonthica* [8]. Istnieje już dla półpasożyta *Triphysaria versicolor* baza danych EST (ang. Expressed Sequence Tags), czyli krótkich fragmentów sklonowanych genów, wzbogacona w transkrypty powstałe po działaniu induktora ssawek DMBQ z korzeni *A. thaliana*. Identyfikacja genów, o transkrypcji regulowanej przez induktor ssawek, przybliżyła możliwość modyfikacji genetycznej szlaków biochemicznych uruchamianych na etapie przejścia pasożyta do wzrostu heterotroficznego na gospodarzu [44]. W *Striga asiatica* ksenognozyny gospodarza z grupy chinonów regulują ekspresję trzech różnych genów markerowych ekspansyn – białek rozluźniających ściany komórkowe. Transkrypcja genu *saExp3* zanika a genów *saExp1* i *saExp2* wzrasta w siewce po indukcji ssawki, w okresie krytycznym dla jej organogenezy [30].

W *Orobanche ramosa* sklonowanie genu *prx1*, kodującego klasę III peroksydaz, pozwoliło na wykrycie znacznej ilości transkryptów tego genu, na etapie stymulacji kiełkowania nasion i indukcji ssawek oraz ich brak w bulwkach i pędach pasożyta. Jednocześnie stwierdzono znaczne obniżenie ilości transkryptów genu *prx1*, na etapie rozpoczynającym różnicowanie ssawki, po podaniu sacharozy. Wskazuje to na po-

trzebę dalszego badania roli peroksydaz oraz regulacyjnej roli sacharozy gospodarza we wczesnych etapach infekcji [17].

Wykonano już szereg badań reakcji gospodarza na pasożyta, na poziomie ekspresji genów. Są one wstępem do wytworzenia odmian odpornych o efektywnych reakcjach obronnych lub zmienionym wzorze dystrybucji asymilatów do pasożyta [16]. Badania proteomiczne zastosowano do analizy reakcji odmian grochu, odpornych i wrażliwych na *Orobanche crenata* [8]. Jednym z ciekawszych przykładów zastosowania inżynierii genetycznej jest zwiększenie odporności poinfekcyjnej u transgenicznej formy tytoniu. Wykazuje ona w korzeniu nadekspresję genu, przeniesionego z owada, kodującego peptyd – sarkotoksynę IA. Sarkotoksyna działa antybiotycznie na *Orobanche aegyptiaca* [19].

Literatura

- [1] Akiyama K., Hayashi H. 2006. Strigolactones: Chemical signals for fungal symbionts and parasitic weeds in plant roots. *Ann. Bot.* 97: 925–931.
- [2] Albrecht H., Yoder J., Phillips D. 1999. Flavonoids promote haustoria formation in the root parasite *Triphysaria versicolor*. *Plant Physiol.* 119: 585–592.
- [3] Ayres P., Press M., Spencer-Phillips P. 1996. Effects of pathogens and parasitic plants on source-sink relationship. W: Photoassimilate distribution in plants and crops. E. Zamski, A.A. Schaffer (red.), Marcel Dekker Inc.: 479–500.
- [4] Bais H., Park S., Weir T., Callaway R., Vivanco J. 2004. How plants communicate using the underground information superhighway. *Trends Plant Sci.* 9: 26–32.
- [5] Benvenuti S., Dinelli G., Bonetti A., Catizone P. 2005. Germination ecology, emergence and host detection in *Cuscuta campestris*. *Weed Res.* 45: 270–277.
- [6] Bouwmeester H.J., Matusova R., van Mourik T. 2004. Changes in the sensitivity of parasitic weed seeds to germination stimulants. *Seed Sci. Res.* 14: 335–344.
- [7] Bouwmeester H., Matusova R., Zhongkui S., Beale M.H. 2003. Secondary metabolite signaling in host-parasitic plant interactions. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6: 358–364.
- [8] Castillejo M., Amiour N., Dumas-Guadot E., Rubiales D., Jorriñ J. 2004. A proteomic approach to studying plant response to crenate broomrape (*Orobanche crenata*) in pea (*Pisum sativum*). *Phytochem.* 65: 1817–1828.
- [9] Chang M., Lynn D.G. 1986. The haustorium and the chemistry of host recognition in parasitic angiosperms. *J. Chem. Ecol.* 12: 561–570.
- [10] Cubero J., Pieterse A., Khalil S., Sauerborn J. 1993. Screening techniques and sources of resistance to parasitic angiosperms. *Euphytica* 73: 51–58.
- [11] Estabrook, E., Yoder J. 1998. Plant-plant communications: rhizosphere signaling between parasitic angiosperms and their hosts. *Plant Physiol.* 116: 1–7.
- [12] Gajewski W. 1962. Pasożytnicze rośliny kwiatowe. PZWS, Warszawa: 22–34.
- [13] Goldwasser Y., Eizenberg H., Golan S., Kleifeld Y. 2003. Control of *Orobanche crenata* and *Orobanche aegyptiaca* in parsley. *Crop Prot.* 22: 5–305.

- [14] Goldwasser Y., Eizenberg H., Hershenhorn J., Plakhine D., Blumenfeld T., Buxbaum H., Golan S., Kleifeld Y. 2001. Control of *Orobanchae aegyptiaca* and *O. ramosa* in potato. *Crop Prot.* 20: 403–410.
- [15] Goldwasser Y., Yoder J. 2001. Differential induction of *Orobanchae* seed germination by *Arabidopsis thaliana*. *Plant Sci.* 160: 951–959.
- [16] Goldwasser Y., Westwood J.H., Yoder J.I. 2002. The use of *Arabidopsis* to study interactions between parasitic angiosperms and their plant hosts. *The Arabidopsis Book*: 1–17. <http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-document&issn=1543-8120&volume=23&issue=1&page=1>
- [17] González-Verdejo C.I., Barandiaran X., Moreno M.T., Cubero J.I., Di Pietro A. 2006. A peroxidase gene expressed during early developmental stages of the parasitic plant *Orobanchae ramosa*. *J. Exp. Bot.* 57: 185–192.
- [18] Gurney A., Grimanelli D., Kanampiu F., Hoisington D., Scholes J., Press M., 2003. Novel sources of resistance to *Striga hermonthica* in *Tripsacum dactyloides*, a wild relative of maize. *New Phytol.* 60: 557–568.
- [19] Hamamouch N., Westwood J.H., Banner I., Cramer C.L., Gepstein S., Aly R. 2005. A peptide from insects protects transgenic tobacco from a parasitic weed. *Transgenic Research* 14: 227–236.
- [20] <http://www.parasiticplants.siu.edu>, link http://www.dpw.wageningen-ur.nl/cwe/weed_research/host.htm
- [21] <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/09/060929094158.htm>
- [22] Joel D. 2000. The long-term approach to parasitic weeds control: manipulation of specific developmental mechanisms of the parasite. *Crop Prot.* 19: 753–758.
- [23] Małuszyńska E., Podyma W., Drzewiecki J., Karnkowski W. 1998. Chwasty i rośliny pasożytnicze objęte przepisami kwarantanny. IHiAR PIOP, Warszawa: 21–30, 38–39.
- [24] Matusova R., Bouwmeester H. 2006. The effect of host-root-derived chemical signals on the germination of parasitic plants. Chapter 4. W: *Chemical ecology: from gene to ecosystem*. M. Dicke and W. Takken (red.), Springer: 39–54.
- [25] Matusova R., van Mourik T., Bouwmeester H. 2004. Changes in the sensitivity of parasitic weed seeds to germination stimulants. *Seed Sci. Res.* 14: 335–344.
- [26] Mayer M., Steel J., Child D., Hargreaves J., Bailey J. 1997. Early stages of infection of maize (*Zea mays*) and *Pennisetum setosum* roots by the parasitic plant *Striga hermonthica*. *Eur. J. Plant Pathol.* 103: 815–827.
- [27] Nickrent D. 2002. Parasitic plants of the world. Chapter 2. W: *Parasitic plants of the Iberian Peninsula and Balearic Islands*. J.A. López-Sáez, P. Catalán, L. Sáez (red.), Mundi-Prensa, Madrid: 7–27.
- [28] Nickrent D., Musselman L. 2004. Introduction to parasitic flowering plants. The Plant Health Instructor. <http://www.apsnet.org/education/IntroPlantPath/PathogenGroups/Parasiticplants/default.htm#types>
- [29] Oswald A. 2005. *Striga* control – technologies and their dissemination. *Crop Prot.* 24: 333–342.
- [30] O'Malley R.C., Lynn D.G. 2000. Expansion message regulation in parasitic angiosperms: marking time in development. *Plant Cell* 12: 1455–1466.
- [31] Palmer A.G., Gao R., Maresh I., Erbil W.K., Lynn D.G. 2004. Chemical biology of multi-host/pathogen interactions and metabolic complementation. *Ann. Rev. Phytopath.* 42: 439–464.

- [32] Phoenix G.K., Press M.C. 2005. Effects of climate change on parasitic plants: the root hemiparasitic *Orobanchaceae*. *Folia Geobot.* 40: 205–216.
- [33] Perez-de-Luque A., Gonzalez-Verdejo C.I., Lozano M.D., Dita M.A., Cubero J.I.; Gonzalez-Melendi P., Risueno M.C., Rubiales D. 2006. Protein cross-linking, peroxidase and [beta]-1,3-endoglucanase involved in resistance of pea against *Orobanche crenata*. *J. Exp. Bot.* 57: 1461–1469.
- [34] Ramaiah K., Chidley V., House L. 1990. Inheritance of *Striga* seed-germination stimulant in sorghum. *Euphytica* 45: 33–38.
- [35] Ransom J. 2000. Long-term approaches for the control of *Striga* in cereals: field management options. *Crop Prot.* 19: 759–763.
- [36] Reizelman A, Wigchert S.C.M, del-Bianco C., Zwanenburg B. 2003. Synthesis and bioactivity of labeled germination stimulants for the isolation and identification of the strigolactone receptor. *Org. Biomol. Chem.* 1: 950–959.
- [37] Rodriguez-Conde M.F., Moreno M.T., Cubero J.I., Rubiales D. 2004. Characterization of the *Orobanche-Medicago truncatula* association for studying early stages of the parasite-host interaction. *Weed Res.* 44: 218–223.
- [38] Sauerborn J. 1991. Parasitic flowering plants – ecology and management. Verlag Josef Margrave Scientific Books: 1–12, 27–34, 51–81.
- [39] Shen H., Ye W., Hong L., Cao H., Wang Z. 2005. Influence of the obligate parasite *Cuscuta campestris* on growth and biomass allocation of its host *Mikania micrantha*. *J. Exp. Bot.* 56: 1277–1284.
- [40] Stewart G., Press M. 1990. The physiology and biochemistry of parasitic angiosperms. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 41: 127–151.
- [41] Sugimoto Y., Ahmed N., Yasuda N., Shinobu I. 2002. Trichothecene inhibitors of *Striga hermonthica* germination produced by *Fusarium solani*. *Weed Sci.* 50: 658–661.
- [42] Sugimoto Y., Alia A.M., Yabuta S., Kinoshita H., Inanaga S., Itai A. 2003. Germination strategy of *Striga hermonthica* involves regulation of ethylene biosynthesis. *Physiol. Plant.* 119: 137–145.
- [43] Szafer W., Kulczyński S., Pawłowski B. 1988. Rośliny Polskie. PWN: 488–490, 553–558.
- [44] Torres M.J., Tomilov A.A., Tomilova N., Reagan R.L., Yoder J.I. 2005. Psctroph, a parasitic plant EST database enriched for parasite associated transcripts. *BMC Plant Biol.* 5: 24.
- [45] Vasey R., Scholes J., Press M. 2005. Wheat (*Triticum aestivum*) is susceptible to the parasitic angiosperm *Striga hermonthica*, a major cereal pathogen in Africa. *Phytopath.* 95: 14–1300.
- [46] Yoder J. 1999. Parasitic plant responses to host plant signals: a model for subterranean plant plant interaction. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2: 65–70.
- [47] Zehhar N., Labrousse P., Arnaud M-C., Boulet C., Bouya D., Fer A. 2003. Study of resistance to *Orobanche ramosa* in host (oilseed rape and carrot) and non-host (maize) plants. *Eur. J. Plant Pathol.* 109: 75–82.

The advantage of plants chemical communication in parasitic weeds control

Key words: parasitic plants, germination stimulant, haustorium inducing factors, parasitic weeds control, resistance to parasitic angiosperms

Summary

Parasite flowering weeds cause the substantial losses in agricultural production in many parts of the World. The seriousness of threat to agriculture is growing up as an effect of global warming. The lifecycle of the parasitic weeds is closely regulated by the presence of their hosts and the chemical communication between the parasite and the host. Most important chemical signals are the host-produced stimulants of parasite weeds germination and haustoria inducing factors. The promotion of *Striga* or *Orobancha* ssp. suicidal germination at the presence of „trap” crops and the absence of host plants depletes the soil of the parasitic weeds seeds. The „catch” crops induce also a massive parasite germination and, used as monoculture or in intercropping, they are harvested before the seeds of parasite are shed. Since several control methods proved to be ineffective, the best solution is the breeding of parasite-resistant crops. One strategy is the over-expression of the stimulant biosynthesis and the second is the inhibition of germination stimulant in the host plant which need to be reconsidered. For the parasites like *Cuscuta* ssp., which are independent on the host plant germination stimulants and haustoria inducers, the different resistance mechanisms, based on breeding the genotypes that block haustoria penetration into host tissues, are possible.

Wpływ subletalnych dawek pestycydów na owady i roztocze

Jan Boczek

*Katedra Entomologii Stosowanej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
e-mail: boczek@alpha.sggw.waw.pl*

Słowa kluczowe: subletalne dawki, owady, roztocze, zachowanie się, demografia

Wstęp

Obecnie na świecie zużywa się rocznie około 2,5 miliona ton syntetycznych pestycydów, z tego 1/4 w Stanach Zjednoczonych. Tylko mniej niż 0,1% zastosowanych pestycydów działa na zwalczane agrofagi, natomiast reszta pozostaje w środowisku i zanieczyszcza je. Przypuszcza się, że w przypadku szkodników, których powierzchnia ciała jest mniejsza niż chwastów (i podobnie patogenów), najwyżej 0,01% trafia na ich ciało [5]. Opryskiwanie zbiorników wodnych w celu zwalczania komarów powoduje ich 30–80% śmiertelność. Ocenia się, że tylko jedna kropla na milion trafia na stadia komarów żyjące w wodzie, a dla zabicia larwy komara konieczne jest 2–3 kropli [4].

Corocznie umiera na świecie wskutek zatrucia pestycydami 20 tys. osób, a w samych Stanach Zjednoczonych leczenie osób zatrutych pestycydami kosztuje rocznie 786 milionów dolarów. Pestycydy powodują tam zamieranie 15–20% rodzin pszczół miodnych i pszczół samotniczych [18]. Włączając ujemny wpływ na środowisko, łączne koszty stosowania pestycydów sięgają rocznie w USA 12 miliardów USD [4].

Każda roślina uprawna ma określone możliwości kompensacji strat powodowanych przez fitofaga, a więc toleruje określony poziom uszkodzeń. Tylko jeśli uszkodzenia przekroczą poziom tolerowany, fitofag zasługuje na zwalczanie, zostaje przekroczony próg opłacalności. W każdym przypadku stosowania środka ochrony roślin należy więc także rozpatrywać stopień i jakość wpływu na różne elementy środowiska.

Zastosowany pestycyd zwykle nie zabija wszystkich osobników. Niektóre unikają działania pestycydu, gdyż są odporniejsze lub znalazły się albo skryły się w miej-

scach, gdzie prepat nie dotarł. Osobniki, które przeżywają kontakt z zoocydem mogą inaczej jednak reagować na bodźce środowiska. Te cechy mogą być subtelne, ale wielorakie i istotne dla rozwoju populacji, jej demografii. Mogą mieć skrócony okres życia, inną płodność lub mogą wykazywać inne, niekorzystne zachowania, a w populacji może być zmieniony stosunek liczebności płci. Przy ocenie działania zoocydu powinno się więc brać pod uwagę także to uboczne działanie pestycydu. Najlepszym wskaźnikiem, pozwalającym na porównanie działania poszczególnych zoocydów, są tabele życiowe i parametry demograficzne. Do ich obliczania wykorzystuje się dane dotyczące płodności i tempa reprodukcji. Porównuje się zwłaszcza tak zwane wrodzone tempo wzrostu populacji (r_m). Jest to wartość charakterystyczna dla gatunku, utrwalona genetycznie [13]. Zanuncio i in. [37] badali oddziaływanie subletalnych dawek permetryny na drapieżnego pluskwiaka z rodziny *Pentatomidae*. Stwierdzili skrócenie cyklu rozwoju pokolenia, gdyż parametry demograficzne, w tym r_m były wyższe.

Wpływ na rozwój i liczebność populacji

Obecnie stosowane insektycydy i inne pestycydy z reguły działają na system nerwowy owadów i roztoczy, i w związku z tym wpływają na dynamikę populacji i na zachowanie stawonogów. W efekcie następuje obniżenie liczebności potomstwa; odnosi się to do bardzo wielu pestycydów, a przynajmniej akarycydów i insektycydów. Liczne zoocydy obniżają płodność, ale niektóre mogą zwiększać liczbę składanych jaj. Obniżenie płodności może wynikać z zaburzenia spermatogenezy lub oogenezy, owulacji i zapłodnienia jaj, produkcji feromonu, trudności w znalezieniu partnera do populacji, kojarzenia, samego procesu składania jaj.

Pestycydy w dawkach mniejszych niż śmiertelne, subletalnych, są obecne powszechnie w środowisku, także rolniczym, leśnym i mogą w określony sposób oddziaływać na organizmy tam występujące. Przy określonym, progowym stężeniu lub dawce w środowisku następuje określona reakcja. Na ten temat opublikowano bardzo dużo prac opartych w 1/3 na doświadczeniach polowych, a w 2/3 na testach laboratoryjnych [31]. Badania te dotyczyły wpływu subletalnych dawek na stawonogi w zależności od gatunku, wieku, płci, stadium rozwojowego, wielkości i ciężaru ciała, stanu fizjologicznego. Młodsze stadia rozwojowe są z reguły bardziej wrażliwe na substancje toksyczne niż starsze, a starsze imagines są zwykle bardziej odporne niż te świeżo po metamorfozie. Najczęściej działanie to na występującą faunę jest negatywne, chociaż niektóre gatunki stawonogów mogą przy kontakcie z pestycydem wykazywać większą ruchliwość, intensywniej żerować i składać więcej jaj, a w sumie ich populacja może się szybciej pomnażać. Może to być związane z lepszymi warunkami życia ocalałych osobników, gdyż populacja została przerzedzona, jest mniejsza konkurencja o zasoby środowiska tych stawonogów.

Wyniki obserwacji z tego zakresu doprowadziły do wykorzystywania danych określających wpływ na liczebność populacji przy: stosowaniu feromonów dla monitoringu, wyłapywania i dezorientacji w czasie kojarzenia się; stosowaniu sterylizacji i wypuszczaniu wysterylizowanych samców; stosowaniu hormonów w celu ograniczenia liczebności populacji.

Insektycyd może ograniczać rozmnażanie. Wpływ subletalnych dawek ujawnia się także w formie zmian we wszelkich procesach życiowych związanych z wylęgiem larw i linieniem, płodnością, długością życia i rozwoju, ruchliwością, wielkością wylęgłych osobników i ich żerowaniem. Każdy pestycyd może wywoływać określone, różne oddziaływania w zależności od zastosowanego preparatu, gatunku stawonoga, stadium, populacji, jego stanu fizjologicznego, a także od temperatury, wilgotności i innych czynników środowiska. Na ten temat jest w literaturze sporo danych opartych na wynikach badań [1, 16, 31, 35].

Subletalna dawka oddziałuje nie tylko na stawonogi szkodliwe, ale także na owady i roztocze pożyteczne w środowisku. Pozostałości pestycydów zmieniają, często burzą, bioróżnorodność środowiska.

Samice komara *Aedes aegypti* L., w obecności dieldrinu składały znacznie mniej jaj, gdyż samice mniej żerowały. Muchy tse-tse w obecności permetryny słabo reagowały na podwyższoną temperaturę, czynnik ważny przy odnajdywaniu i atakowaniu gospodarzy. Na obecność tego zoocydu podobnie reagowała *Drosophila melanogaster* MEIGEN, a równocześnie obserwowano obniżenie ruchliwości tych muchówek [32]. Raupp i in. [27] porównywali faunę drzew w miejskich lasach. W lasach traktowanych systematycznie insektycydami stwierdzili spadek liczebności i różnorodności fauny pożytecznej, a wzrost liczebności czerwców wywołany działaniem subletalnych dawek, pozostałości tych preparatów.

Integrowane zwalczanie szkodników polega nie na całkowitej eliminacji ich populacji, ale utrzymaniu jej liczebności na poziomie określonym z uwzględnieniem czynników ekonomicznych i środowiskowych. Dlatego powyższe dane zasługują na szczególne potraktowanie przy stosowaniu integrowanej ochrony i integrowanej produkcji roślin.

Staples i in. [30] oceniali działanie subletalnych dawek na parazytoida *Microplitis croceipes* (CRESSON) (Hymenoptera: Braconidae), żywiącego się nektarem na bawełnie. Stwierdzili ujemny wpływ insektycydów układowych na aktywność i długość życia parazytoida przez 10 dni po zabiegu. Zastosowany imidaklopid przez 2 dni po zabiegu, a aldikarb przez 18 dni wstrzymywały żerowanie szkodnika. Skutkiem tego było obniżenie efektywności parazytoida w walce biologicznej.

White [35] porównywał działanie subletalnych dawek czterech insektycydów na pedogenetyczne larwy pryszczarkowatych (*Cecidomyiidae*), szkodliwych w pieczarkarniach. W kontakcie z malationem larwy ograniczały ruchliwość i przestawały żerować, a na skutek działania diflubenzuronu następował spadek płodności i pojawiało się dodatkowe stadium. Widiarta i in. [36] badali wpływ imidaklopidu na

skoczki (*Nephotettics* spp.) i ich wrogów naturalnych. Przy subletalnych dawkach następował spadek płodności do 1/3. Nie zaobserwowali natomiast wpływu na parazytoidy żerujące w jajach skoczka. Preparat równocześnie powodował ograniczenie ilości zjadanych jaj skoczka przez drapieżnego tasznika (*Miridae*). James i Price [17] porównywali płodność i długość życia przędziorka chmielowca przy kontakcie z imidaklopridem. Stwierdzali wzrost długości życia oraz zwiększoną płodność roztoczy, które pobierały insektycyd z pokarmem. Ako i in. [1] badali wpływ insektycydu neonikotynowego, imidaklopridu na przędziorka chmielowca. Preparat powodował wzrost śmiertelności stadiów rozwojowych, natomiast płodność samic wzrastała. Zmieniał się także stosunek liczebności płci. Insektycyd ten, w przypadku termita *Reticulitermes virginicus* (BANKS) wpływał ujemnie na jego aktywność w drążeniu tunelików [33]. W innych badaniach nad wpływem na dobroczyńca (*Phytoseiulus*) obserwowano wzrost płodności nawet o 25–54% [6].

Perveen i Miyata [25] i Perveen [24] obserwowali wylęg larw sówki *Spodoptera litura* (FABRICIUS) przy kontakcie z chlorofluazuronem. Następował spadek płodności motyli i więcej jaj było niezaplodnionych. Na skutek zaburzeń w oogenezie składane jaja były mniejsze, podobnie jak spermatofory samców. Insektycyd nie miał wpływu na czas trwania kopulacji. Zhou i in. [38, 39] porównywali wrażliwość samców tej omacnicy na feromon samicy w obecności deltametryny. Subletalne dawki tego insektycydu nie tylko wpływały na wrażliwość samca na feromon, lecz także na jego percepcję.

Interesujące obserwacje wykonali Li i in. [19] nad wpływem różnych pestycydów na drapieżne dla przędziorka głogowca (*Tetranychus viennensis* ZACHER) wciornastki, *Scolothrips takahashii* PRISENER. Insektycydy: fenpropatryn i abamektyna obniżały aktywność drapieżcy i zwykle, w zależności od stężenia, przedłużały czas między kolejnymi ich atakami. Dwa badane fungicydy, mankozeb i karbendazym, także obniżały aktywność drapieżców. Wang i in. [34] oraz Galvan i in. [15] badali wpływ subletalnych dawek insektycydów (imidaklopid, rotenon, fenwalerat, abamektyna, indoxokarb, pirimikarb i azarydachtyna) na płodność biedronki *Harmonia axyridis* PALLAS. Niektóre insektycydy obniżały płodność i zwiększały śmiertelność stadiów rozwojowych, a wszystkie wpływały na obniżenie wylęgu larw i przedłużały rozwój. Podobnie reagowała biedronka *Coccinella septempunctata* L. i parazytoid mszyc *Diaeraetiella rapa* na wymienione insektycydy. Najsilniej działały na biedronki, ale znaczne różnice występowały w zależności od badanego stadium tych trzech gatunków owadów (biedronka, mszyca, parazytoid) [32]. W innych badaniach porównywano działanie chlorfenwinfosu na śmietkę kapuścianą i jej parazytoida *Tribliographa rapae* WESTWOOD [2]. Zoocyd ten siedmiokrotnie silniej działał na parazytoida niż na śmietkę. Długość życia parazytoida skracala się do połowy, ujemny wpływ na jego płodność był nieodwracalny i stąd liczebność jego populacji obniżała się w następnych pokoleniach o 70%. Według Longley [20] środki fosforoorganiczne są bardziej toksyczne dla parazytoidów mszyc rozwijających się w zмумifikowanych mszycach niż pyretroidowe i karbaminianowe.

Pachamuthu i Kamble [23] wykonali badania nad działaniem insektycydów na toksyczność grzyba *Metarhizium anisopliae* (METSCHNIKOFF) SOROKIN na karaczana – prusaka. Śmiertelność karaczanów była wyższa przy działaniu insektycydu i patogena, przy czym w zależności od kombinacji różnych insektycydów i grzyba obserwowano działanie addytywne i synergistyczne. Ciężar ciała karaczanów nie zależał od kombinacji tych 2 czynników.

Wymienione zmiany wywołane obecnością subletalnych dawek mogą określać i decydować o stosowaniu określonych metod zwalczania ocalałej populacji – zwłaszcza przy stosowaniu walki biologicznej, ale także innych metod – i o ochronie fauny zapylającej rośliny.

Wpływ na zachowanie się

Pestycydy obecne w środowisku powodują zaburzenia w normalnych behawioralnych i fizjologicznych procesach stawonogów. Owad czy roztocz może reagować na stężenia preparatu wielokrotnie niższe od działania letalnego. Oddziaływanie to może dotyczyć zachowania przy poszukiwaniu i pobieraniu pokarmu, w procesach związanych z rozmnażaniem, dyspersją lub/i percepcją bodźców występujących w środowisku. Równocześnie zmiana zachowania się wskazuje na mechanizm działania pestycydu. Subletalne dawki insektycydu nie tylko mogą obniżyć wrażliwość na percepcję bodźców, ale również wpływać na zmianę zachowania się po percepcji na przykład feromonu. Samce motyla *Trichoplusia ni* HÜBNER w środowisku z chlordimeformem reagowały na 1000-krotnie niższe stężenie feromonu samic, niż samce nie będące pod wpływem insektycydu. Samce motyla *Pectinophora gossypiella* SAUNDERS reagowały na ten insektycyd dopiero przy wyższym jego stężeniu niż samce nietraktowane [16]. Samice świerszcza domowego (*Grillus domesticus* L.) w obecności parationu rzadko akceptowały samce dla kopulacji, a w obecności dieldrinu lub karbarylu samce przestawały przez kilkanaście godzin komunikować się z samicami, a po tym okresie ich ćwierkanie było przyspieszone. Ponieważ jednak ostatecznie kopulacje następowały, w efekcie reprodukcja nie była obniżona. Shafeek i in. [28] testowali azadyrachtynę do zwalczania karaczana *Periplaneta americana* L. Insektycyd ten powodował podrażnienie owada.

Navntoft i in. [22] porównywali wpływ niskich dawek insektycydów i herbicydów na biegaczowate (*Carabidae*). Stwierdzili zróżnicowane działanie w zależności od gatunku, wielkości ciała i struktury roślin. Aktywność jednych gatunków (z rodzaju *Pterostichus*) powiększała się, a innych (*Loricera* i *Demetrias*) – malała. Desneux i in. [11] badali wpływ pięciu różnych, subletalnych dawek czterech insektycydów z różnych grup chemicznych na parazytoida mszyc *Aphidius ervi* HALIDAY. Pyretroid lambda-cyhalotryna, organofosforowy chloropirifos i karbaminian pirymikarb nie wpływały na oddziaływanie na zapach porażonych przez mszyce liści rzepaku. Natomiast trazamat eliminował te reakcje.

Muszka owocowa (*Drosophila melanogaster*) jest częstym obiektem badań genetycznych i medycznych. Coulom i Birman [8] prowadząc badania nad wpływem pozostałości rotenonu na tę muchówkę stwierdzili typowe objawy jak przy chorobie Parkinsona u ludzi, gdyż obserwowali zmiany w neuronach i nietypowe ruchy. Następowala degeneracja neuronów we wszystkich węzłach nerwowych i spadek koordynacji ruchów.

Owad czy roztocz może także przez swoje określone zachowanie unikać kontaktu z pestycydem: kryć się, uciekać na stanowiska bez pestycydu jeśli działa on repelentnie. Określone, zmienione zachowanie się pod wpływem pestycydu, może sprzyjać tworzeniu się rasy odpornej lub owad czy roztocz może unikać tworzenia się takiej rasy.

Insektycydy typu chlorodimeformu w subletalnych dawkach powodowały odczepianie się kleszcza *Boophilus microplus* CANESTRINI, a karaczan amerykański w jego obecności znacznie mniej żerował. Podobnie mszyce i skoczki oraz gąsienice motyli mniej żerowały w obecności tego insektycydu. Odwrotne działanie tego związku obserwowano u niektórych parazytoidów (*Bracon mellitor* SAY) i innych fitofagów (*Phormia regina* MEIGEN).

Insektycydy były także badane pod kątem ich działania na dyspersję i ruchliwość stawonogów. Stwierdzono korelację między powodowaniem ruchliwości i dyspersji a toksycznością dla przedziorka chmielowca [14].

Insektycydy organofosforowe różnie oddziaływały także na ruchliwość kleszczy. Pozostałości malationu powodowały zwiększenie ruchliwości wielu gatunków owadów fitofagicznych i pasożytniczych (np. *Manduca sexta* L. i *Encyrtus saliens* PRINSLOO & ANNECKE). Mszyca grochowa w kontakcie z układowym aldikarbem wykazywała natomiast znacznie obniżoną ruchliwość, a więc stawała się mniej aktywnym wektorem wirusów.

Wpływ na owady zapylające

Obecność insektycydu wpływać może na kolejne przejawy zachowania się pszczoły miodnej: pamięć, kierunek i odległość od ula i pożytku, reakcja na światło spolaryzowane, zegar biologiczny [10]. Niektóre insektycydy zaburzały informację o kierunku i odległości od występowania pożytku. Działanie insektycydu było czasowe, kilka godzin, jednak nawet później inaczej, często wolniej reagowały na bodźce zapachowe [29]. Potraktowane permetryną długo czyściły ciało, były mniej ruchliwe i mniej pracowały [9]. Moreira [21] stwierdziła, że nawet spinosad, preparat bakteryjny, jak się wydawało bezpieczny dla pszczoł, powodował zahamowanie aktywności owadów dorosłych dzikich pszczoł i przedłużenie rozwoju ich larw. Belzunces i in. [7] stwierdzili synergizm działania na pszczołę miodną przy równoczesnym stosowaniu prochlorazu (fungicyd) i deltametryny (insektycyd). Pszczoły letnie były 8-krotnie wrażliwsze niż pszczoły zimowe na synergistyczne działanie

tych dwóch pestycydów. Oceną wpływu pestycydów na owady zapylające w całej Północnej Ameryce zajęto się w 1988 roku analizując ponad 20 prac na ten temat [4]. Stwierdzono, że w ciągu poprzednich 5 lat nastąpiły duże, niekorzystne zmiany liczebności różnych gatunków zapylających. Uznano, że jedną z przyczyn było oddziaływanie subletalnych dawek pestycydów. Zalecono działania w kierunku: monitoringu ich liczebności na kwiatach i notowanie wpływu na plon oraz ochronę między innymi przez ograniczenie stosowania pestycydów, a także introdukcję masowo namnażanych pszczoł samotniczych.

Podsumowanie

Pozostałości pestycydów, w dawkach subletalnych dla wielu stawonogów, powszechnie występują nie tylko na polach uprawnych, ale także w ich otoczeniu. Działają one w różnoraki sposób na florę i obecne w środowisku agrofagi, a także ich wrogów naturalnych oraz owady zapylające. Wpływ ich na pasożytnictwo i drapieżce jest z reguły znacznie większy niż na roślinożerce. Przyczyniają się do zmiany zachowania się stawonogów, oddziałują na ich demografię oraz bioróżnorodność środowiska. Powodują spadek liczebności populacji wrogów naturalnych szkodników i zapylaczy roślin. Efekt ich działania zależy od gatunku, populacji i stadium rozwojowego owada czy roztocza, od rodzaju pestycydu, jego stężenia i dawki. Środki organofosforowe są z reguły bardziej toksyczne dla wrogów naturalnych i zapylaczy niż pyretroidy i karbaminy. Nawet subletalne dawki związków pochodzenia roślinnego czy bakteryjnego wykorzystywane w walce biologicznej mogą oddziaływać w określony sposób. Także pozostałości herbicydów mogą wpływać na rośliny uprawne i ich plon [12], a pozostałości fungicydów na florę grzybową [26].

Literatura

- [1] Ako M., Borgemeister C., Poehling H.M., Elbert A., Nauen R. 2004. Effects of neonicotinoid insecticides on the bionomics of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 97(5): 1587–1594.
- [2] Alix A., Corteso A.M., Nenon J.P., Jean P. 2001. Selectivity assessment of chlorfenvinphos reevaluated by including physiological and behavioral effects on an important beneficial insect. *Environ. Toxicology & Chemistry* 20(11): 2530–3256.
- [3] Anonim. 1988. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12(1): 8–17.
- [4] Anonim. 2001. Overkill: Using pesticides to control West Nile Virus mosquitoes in Maine may do more harm than good. Maine Environmental Policy Institute: 2 ss.
- [5] Bailey B. 2005. Pesticide use in Mendocino county's timber and winegrape industry: contaminants and our county. Sierra Club, California redwood chapter: 5 ss.

- [6] Baniecki J.F. 2002. Look what's out there. West Virginia Univ., Extension Service: 7 ss.
- [7] Belzunces L.P., Meled M., Thrasyvoulou A. 1998. Seasonal variations in susceptibility of *Apis mellifera* to the synergistic action of prochloraz and deltamethrin. *Environ.Toxicology, Chemistry* 17(12): 2517.
- [8] Coulom H., Birman S. 2004. Chronic exposure to rotenone models sporadic Parkinson's disease in *Drosophila melanogaster*. *J.Neuroscience* 24(48): 10993–10998.
- [9] Cox R.L., Wilson W.T. 1984. Effects of permethrin on the behavior of individually tagged honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Environ. Entomol.* 13: 375–378.
- [10] Decourtye A., Devillers J., Genecque E., Le Menach K., Budzinski H., Cluzeau S., Pham-Delegue M.H. 2005. Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 48(2): 242–250
- [11] Desneux N., Rafalimanana H., Kaiser L. 2004. Dose response relationship in lethal and behavioral effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere* 54(5): 619–627.
- [12] Fagliari J.R., de Oliveira Jr. R.S., Constantin J. 2005. Impact of sublethal doses of 2,4-D simulating drift on tomato yield. *J. Environm. Sci. Health. B.* 40(1): 201–206.
- [13] Forbes V.E., Sibly R.M., Calow P. 2001. Toxicant impacts on density limited populations: a critical review of theory, practice and results. *Ecol. Appl.* 11: 1249–1257.
- [14] Franklin E.J., Knowles C.O. 1984. Influence of formamidines on twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) dispersal behavior. *J. Econ. Entomol.* 77: 318–323.
- [15] Galvan T.L., Koch R.L., Hutchison W.D. 2005. Effects of spinosad, and indoxacarb on survival, development and reproduction of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control* 34(1): 108–114.
- [16] Haynes K.F. 1988. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Ann. Rev. Entomol.* 33: 149–168.
- [17] James D.G., Price T.S. 2002. Fecundity in twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) in increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. *J. Econ. Entomol.* 95(4): 729–732.
- [18] Johansen C.A. 1977. Pesticides and pollinators. *Ann. Rev. Entomol.* 22: 177–192.
- [19] Li D.X., Tian J., Shen Z.-R. 2006. Effect of pesticides on the functional response of predatory thrips, *Scolothrips takahashii* to *Tetranychus viennensis*. *J. Appl. Entomol.* 130: 314–318.
- [20] Longley M. 1999. A review of pesticide effects upon immature aphid parasitoids within mummified hosts. *Pest Management* 45(2): 139–145
- [21] Moreira N. 2005. Pesticides make bees bumble. *Science News* 167(22): 350.
- [22] Navntoft S., Esbjerg P., Riedel W. 2006. Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat. *Agric. Forest Entomol.* 8: 57–62.
- [23] Pachamuthu P., Kamble St. 2000. In vivo study on combined toxicity of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hypomycetes) strain ESC-1 with sublethal doses of chlorpyrifos, propetamphos, and cyfluthrin against German cockroach (Dictyoptera: Blatellidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 60–70.
- [24] Perveen F. 2006. Reduction in egg hatch after a sublethal dose of chlorfurazon to larvae of the common cutworm, *Spodoptera litura*. *Physiol.Entomol.* 31: 39–43.

- [25] Perveen F., Miyata T. 2000. Effect of sublethal dose of chlorfluazuron on ovarian development and oogenesis in the common cutworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93(5): 1131–1137.
- [26] Rahe J.E., Wan M.T., Watts R.G. 1998. A new technique for determining the sublethal toxicity of pesticides to the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Environm. Toxicology, Chemistry* 17(7): 1421.
- [27] Raupp M.J., Holmes J.J., Sadof C., Shrewsbury P., Davidson J.A. 2001. Effects of cover sprays and residual pesticides on scale insects and natural enemies in urban forests. *J. Arboriculture* 27(4): 203–213.
- [28] Shafeek A., Prasanthi J., Reddy G.H., Chetty C.S., Reddy G.R. 2004. Alterations in acetylcholinesterase and electrical activity in the nervous system of cockroach exposed to the neem derivative, azadirachtin. *Ecotoxicol Environ Saf.* 59(2): 205–208.
- [29] Shricker B., Stephen W.P. 1974. The effect of sublethal doses of parathion on honeybee behavior. I. Oral administration and the communication dance. *J. Apic. Res.* 9: 141–153.
- [30] Staples J.O., Cortesero A.M., Lewis W.J. 2000. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging activity and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. *Biological Control* 17:243–49.
- [31] Stark J.D., Banks J.E. 2003. Population level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Ann. Rev. Entomol.* 48: 505–519.
- [32] Stark J.D., Banks J.D., Acheampong S. 2004. Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of the history strategies and population structure. *Biological Control* 29(3): 392.
- [33] Thorne B.L., Breisch N.L. 2001. Effects of sublethal exposure to imidacloprid on subsequent behavior of subterranean termite *Reticulitermes virginicus* (Isoptera: Rhinotermitidae). *J. Econ. Entomol.* 94(2): 492–498.
- [34] Wang X., Shen Z., Zu W., Lu J. 2003. Sublethal effects of insecticides on fecundity of multicolored Asian ladybird *Harmonia axyridis*. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* 14(8): 1354–1358. Engl. Summary, 1 s.
- [35] White P.F. 1977. Sublethal effects of four pesticides on paedogenic larvae of the Cecidomyiidae. *Ent. Exp. Appl.* 22: 43–52.
- [36] Widiarta I.N., Matsumura M., Suzuki Y., Nakasuji F. 2001. Effects of sublethal doses of imidacloprid on the fecundity of green leafhoppers, *Nephotettix* spp. (Hemiptera: Cicadellidae) and their natural enemies. *Appl. Entomol. Zool.* 36(4): 501–507.
- [37] Zanoncio T.V., Zanoncio J.C., Serrao J.E., Medeiros R.S., Pinon T.B., Sedivama C.A. 2005. Fertility and life expectancy of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to sublethal doses of permethrin. *Biol. Rev.* 38: 31–39.
- [38] Zhou H., Du J., Huang Y. 2003. Effects of deltamethrin on pheromone perception in male Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis*). *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* Engl. Summary: 1 s.
- [39] Zhou H., Du J., Huang Y. 2005. Effects of sublethal doses of malathion on responses to sex pheromones by male Asian corn borer moths, *Ostrinia furnacalis* (GUENEE). *J. Chem. Ecol.* 31(7): 1645–1656

The effect of sublethal doses of pesticides on insects and mites

Key words: sublethal doses, pesticides, insects, mites, behavior, demography

Summary

Residual pesticides in sublethal doses occur commonly in cultivated fields and in their surroundings. They affect in various ways flora, pests present in the environment, their natural enemies and pollinators. Their effects on parasitoids and predators are, as a rule, larger than on plant-feeding fauna. They subserve to the change of arthropod behavior, influence their demography and environmental biodiversity. They cause a decrease of population level of natural enemies of pests and of pollinators. Their effect is related to the species, population, developmental stage of insect or mite, to the kind of pesticide, its concentration and dose. Sublethal doses of organo-phosphate zoocides are usually more toxic for natural enemies and pollinators than the pyrethroids and carbamites. Even sublethal doses of the compounds of plant and bacterial origin, used in biological control of pests, may show an effect. Similarly, the residues of herbicides can affect cultivated plants and their yield and the residues of fungicides can affect fungi.

Ocena badań nad ekologicznymi konsekwencjami uprawy odmian genetycznie modyfikowanych (GM): przykład oddziaływania kukurydzy Bt na organizmy niedocelowe

Zbigniew T. Dąbrowski

*Katedra Entomologii Stosowanej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,
ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa
e-mail: zbigniew_dabrowski@sggw.pl*

Słowa kluczowe: GMO, rośliny genetycznie zmodyfikowane (rośliny GM), kukurydza Bt, ocena ryzyka dla środowiska, organizmy niedocelowe

Wstęp

Możliwość wprowadzenia do uprawy odmian GM wywołuje wiele emocji wśród społeczeństw w krajach Unii Europejskiej, w tym także w Polsce. Emocje te można było zaobserwować w ostatnim okresie podczas dyskusji prowadzonych w czasie dwóch ważnych spotkań:

- spotkania zorganizowanego przez Radę Gospodarki Żywnościowej z parlamentarzystami, rolnikami, producentami pasz, przedstawicielami proekologicznych organizacji i naukowcami w dniu 13 czerwca 2006 r. na terenie Sejmu RP;
- publicznej dyskusji w dniu 5 lipca 2006 r. nad projektem „Prawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych”, w której poza przedstawicielami Ministerstwa Środowiska wzięli udział członkowie Komisji do Spraw Organizmów Genetycznie Zmodyfikowanych, przedstawiciele samorządów terytorialnych, rolników, organizacji Greenpeace i firm hodowlano-nasiennych.

Oba te spotkania, jak i inne prowadzone w Polsce, potwierdziły konieczność prowadzenia dyskusji i wysłuchania argumentów przedstawianych przez reprezentantów różnych grup społecznych: rolników jako potencjalnych użytkowników odmian GM, konsumentów, przedstawiciele samorządów terytorialnych, pozarządowych organizacji proekologicznych i naukowców. Padały uwagi, że Komisja Euro-

pejska zbyt pochopnie wyraża zgodę na importowanie, dopuszczenie do spożycia i uprawę odmian GM. Przedstawiciele niektórych samorządów wyrażali też opinie, że w pracach Komisji Europejskiej pomija się ważne potencjalne niekorzystne oddziaływania odmian GM na środowisko. Jednocześnie wszyscy dyskutanci podkreślali brak obiektywnych danych uzyskanych w Polsce nad oddziaływaniem odmian GM na różne elementy środowiska. Zastrzeżenia co do automatycznego przenoszenia wyników badań, prowadzonych na terenie USA, do warunków rolnictwa w krajach Unii Europejskiej wnoszą nie tylko organizacje pozarządowe, ale również część naukowców europejskich [7]. Do wyjaśnienia przyczyn tych rozbieżności w interpretacji uzyskanych danych nad oddziaływaniem odmian GM na organizmy niedocelowe, wykorzystano przypadek starania się o wyrażenie zgody na uprawę na terenie UE nowych odmian kukurydzy, cechujących się m.in. odpornością na gąsienice motyli (*Lepidoptera*).

Dyrektywa Unii Europejskiej 2001/18/EC z dnia 21 marca 2001 r., dotycząca spełnienia warunków wyrażania zgody na wprowadzenie organizmów GM do obrotu, przetwórstwa i uprawy, w aneksie III wymienia wymagania stawiane wnioskodawcom w zakresie uwalniania roślin wyższych (*Gymnospermae* i *Angiospermae*) do środowiska. Dyrektywy UE, jak i projekt ustawy o GMO w Polsce, stawiają warunek konsultacji społecznych w czasie oceny ryzyka wprowadzenia odmian GM do uprawy [31]. W artykule tym wykorzystano ocenę ryzyka przygotowaną przez Zespół Naukowy ds. GMO (Scientific Panel on Genetically Modified Organisms) przy Europejskim Organie ds. Bezpieczeństwa Żywności (European Food Safety Authority – EFSA) dla nowych odmian kukurydzy Bt wytwarzających białko Cry 1F toksyczne dla gąsienic uszkadzających liście i źdźbła kukurydzy [13]. W USA udowodniono jego toksyczność dla gąsienic omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis* HBN.), rolnicy gwoździówki (*Agrotis ypsilon* HUFT.), sówki *Spodoptera frugiperda* (SMITH) i *Diatraea grandiosella* DYAR, ważnych szkodników z rzędu motyli (*Lepidoptera*). Gen *cry 1F* przeniesiono z bakterii glebowej *Bacillus thuringensis* spp. *alzawal*.

Na podstawie danych dostarczonych przez wnioskodawcę i z niezależnych ośrodków badawczych Naukowy Zespół ds. GMO EFSA przygotowuje opinię dotyczącą bezpieczeństwa lub stopnia zagrożenia dla zdrowia ludzi i środowiska, w razie importu, przetwórstwa i wprowadzenia do uprawy nowych odmian GM.

Następnie opinia ta jest przedstawiana krajom członkowskim UE do zaopiniowania i dyskutowana przez ekspertów, nominowanych przez kompetentne organy krajów członkowskich, w czasie spotkań Grupy Roboczej (Technical Working Group under Directive 2001/18/EC). Opinie te są dostępne w internecie na stronach EFSA (<http://www.efsa.eu.int>). W przypadku nowych odmian kukurydzy Bt z genem *cry 1F*, pozytywną ocenę przedstawił Zespół Naukowy ds. GMO 19 stycznia 2005 r. Organizacja Przyjaciół Ziemi Europa (Friends of the Earth Europe – FEE) wniosła szereg zastrzeżeń do tej oceny [16]. Wydaje się, że przedstawienie rozbieżności jest ważne dla zapoznania się z nimi przez różne grupy społeczeństwa, a przede wszystkim przez naukowców wyrażających zarówno pozytywny jak i negatywny stosunek do możli-

wości uprawy odmian GM w Polsce. Jednocześnie uwagi wyrażone przez FEE wskazują na konieczność dalszego doskonalenia metodyki badań nad niezamierzonymi oddziaływaniami roślin GM na różne elementy środowiska.

W artykule ograniczono się do przedstawienia opinii, dotyczących rzeczywistego i potencjalnego oddziaływania linii kukurydzy wytwarzającej toksyczne białko *Cry 1F* na organizmy niedocelowe, Zespołu Naukowego EFSA i uwag wyrażonych przez Przyjaciół Ziemi Europa (FEE). Pomimo że planowane transformacje genetyczne wprowadzenia genu warunkującego odporność rośliny powinny ograniczyć się do oddziaływania na gatunki docelowe, to nie można wykluczyć oddziaływań niezamierzonych (z ang. unintended non-predictable effects) na organizmy niedocelowe. W przypadku linii kukurydzy wytwarzających toksyczne białka pochodzące z bakterii glebowej *Bacillus thuringensis* (powszechnie określanych jako Bt), będą to gąsienice motyli z rzędu *Lepidoptera* zjadające liście i drążące korytarze w źdźbłach. W warunkach Europy są to: omacnica prosowianka (*Ostrinia nubilalis*), a w południowych regionach również *Sesamia nonagrioides* (LEFEBVRE).

Ogólne uwagi grupy ekspertów krajów członkowskich UE o opinii Europejskiego Organu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) o uwolnieniu nowych odmian kukurydzy Bt

Trzydziesto trzy stronicową opinię Zespołu Naukowego ds. GMO dla jednej z odmian odpornych kukurydzy Bt na gąsienice motyli, warunkowanej przez białko *Cry 1F* i tolerującej glifosat, składnik aktywny herbicydów, EFSA zaakceptowała 19 stycznia 2005 r. i opublikowała w 181 numerze the EFSA Journal [13]. Została ona też udostępniona na stronie <http://www.efsa.eu.int>. Kraje członkowskie przedstawiły następujące uwagi:

- W ocenie ryzyka dla środowiska (z ang. Environmental risk assessment – ERA) powinno się zwrócić uwagę na bezpośrednie i pośrednie oddziaływanie toksyny *Cry 1F* na organizmy niedocelowe, szczególnie na organizmy glebowe, stawonogi, pasożytniki szkodników kukurydzy, motyle i inne bezkręgowce.
- Przedstawienie dokładniejszych informacji o wymaganym planie ogólnego nadzoru i monitorowania wpływu na organizmy niedocelowe, a szczególnie planu zapobiegania powstawania populacji szkodnika odpornej na toksynę *Cry 1F*.
- Brak informacji o występowaniu różnych gatunków motyli i ich wrażliwość na *Cry 1F* w ramach uprawy i wokół niej.
- Brak informacji o potencjalnym zagrożeniu gatunków *Lepidoptera* znajdujących się na liście gatunków ginących i podkreślono potrzebę ich ochrony.
- Zalecono, aby zwrócić uwagę na potencjalne znaczenie modyfikacji zawartości ligniny w tkankach roślin i biodegradację pozostałości pozbiornych, jak również potencjalną trwałość białka *Cry 1F* w glebie.

- Podważono ocenę wpływu toksycznego na organizmy niedocelowe opartą na testach, w których do diety wprowadzano białko Cry 1F pochodzące z bakterii *B. thuringensis*.
- Obecność i wykorzystanie genu *pat*, dodatkowo z genem *cry 1F* w nowej odmianie, powinno się uwzględnić zarówno w ocenie ryzyka (ERA) jak i w planie monitorowania, po wprowadzeniu odmiany Bt do środowiska.
- Wskazano, że stosowanie herbicydów opartych na glifosacie w uprawach odmian tolerancyjnych, powinno być ograniczone zgodnie z zaleceniami wynikającymi z danych z projektu wielkoobszarowych doświadczeń w Wielkiej Brytanii (oryginalny tytuł: UK Farm Scale Evaluation – opis podano poprzednio w innym artykule [6]).
- Podniesiono problem ewentualnych krzyżowań pomiędzy odmianą Bt z odmianami konwencjonalnymi kukurydzy i związany z tym wpływ na kooegzystencję.

Ogólne uwagi organizacji Przyjaciół Ziemi Europa (FEE) dotyczące opracowania EFSA z reguły potwierdzają komentarze ekspertów krajów członkowskich UE. Zdaniem FEE na uwagę zasługuje fakt, że 15 z 17 ekspertów krajów członkowskich UE podkreśliło istnienie problemu związanego z brakiem wystarczających informacji w opracowaniu EFSA dotyczącego wpływu kukurydzy Bt z toksycznym białkiem Cry 1F na organizmy niedocelowe. Wszyscy z siedemnastu ekspertów potwierdzili brak w dokumencie wnioskodawcy danych o występowaniu gatunków *Lepidoptera* na polach kukurydzy w Europie i ich możliwą ekspozycją lub wrażliwością na toksynę Cry 1F. Dlatego takie informacje powinny być wymagane na etapie wstępnych opracowań i przy określaniu priorytetów dla przyszłych uzupełniających prac badawczych [35], jednak tego nie uwzględnił wnioskodawca w swoim dokumencie [16].

Opinia EFSA i uwagi organizacji Przyjaciół Ziemi Europa (FEE) dotyczące wpływu roślin transgenicznych z cechą Bt na drapieżców i parazytoidy

Opinia EFSA. Występowanie gatunków drapieżców niedocelowych żerujących na takich gatunkach szkodników jak omacnica prosowianka i *Sesamia* sp. będzie się wahać w zależności od liczebności ich ofiar na uprawach. Tak więc redukcja liczebności ofiary, zarówno poprzez uprawę odmian Bt jak i stosowanie insektycydów, może mieć negatywny wpływ na źródło pokarmu takich drapieżców jak: złotook pospolity (*Chrysoperla carnea* STEPHENS) [19, 20]. Zespół EFSA potwierdził, że nasza obecna wiedza o toksyczności i ekspozycji dostarcza wystarczających danych naukowych, aby stwierdzić, że kukurydza Bt nie stwarza ryzyka dla tego drapieżcy [10, 11, 27]. Większość badań naukowych potwierdza, że występowanie drapieżców i parazytoidów i ich rola w biologicznym ograniczaniu populacji szkodników była bardzo podobna w uprawach kukurydzy Bt i odmian konwencjonalnych [5, 23, 24].

Jednak Bourget i in. [2] i Siegfried i in. [30] stwierdzili, że populacje wyspecjalizowanych gatunków wrogów naturalnych omacnicy są mniej liczne na polach kukurydzy Bt niż w uprawach odmian konwencjonalnych. Efekt ten nie jest wynikiem bezpośredniego oddziaływania toksyny Cry znajdującej się w ciele ofiary w czasie drapieżnictwa lub spasożytwowania omacnicy, ale jest wynikiem zmniejszenia dostępności ofiary. Wyniki badań polowych, w których porównano wpływ kukurydzy Bt z zabiegami insektycydami przeciwko docelowym gatunkom szkodników wykazały, że insektycydy o szerokim spektrum działania, jak np. pyretroidy, zmniejszają występowanie wielu gatunków drapieżców i parazytoidów, nie będących wyspecjalizowanymi w stosunku do omacnicy. Takiego zjawiska nie zanotowano w przypadku upraw kukurydzy Bt.

Uwagi FEE. Swoje uwagi krytyczne FEE odnosi do wyników badań polowych nad innymi odmianami kukurydzy Bt, cytując stanowisko Komisji Europejskiej (European Commission – EC) wyrażone w czasie spotkania z przedstawicielami Światowej Organizacji Handlu (World Trade Organization – WTO): „jest trudnym lub niemożliwym uogólnianie lub ekstrapolowanie wyników badań, nawet dla warunków tego samego kraju lub dla tego samego insertu. Potwierdzona naukowo sezonowa zmienność i regionalna różnorodność wskazuje na konieczność prowadzenia badań każdego przypadku (z ang. case – by – case) przez kilka (preferowane 3 lub więcej) sezonów wegetacyjnych w danym regionie” (za FEE [16]).

Odnosnie prac Dutton i in. [10, 11] FEE zaznacza, że nanosili oni toksynę poprzez opryskiwanie roślin preparatem bakteryjnym Dipel, a nie poprzez transgeniczną odmianę kukurydzy Bt. Również w czasie dyskusji z WTO, przedstawiciele Komisji Europejskiej (EC) ocenili badania Romeis'a i in. [27] jako: „naukowo niejednoznaczne w kilku aspektach (stosowanie zastępczej toksyny Bt; wykorzystywanie sztucznej diety prowadzącej do wysokiej śmiertelności w kontroli; stosowanie ekspozycji w krótkich okresach nie odzwierciedlających troficznych interakcji w rzeczywistych powiązaniach ekologicznych, itp.)” [16].

Oceniając badania Musserra i Sheltona [23], FEE krytykuje wykorzystanie bardzo małych poletek, które nie zapewniały warunków równorzędnych, jakie istnieją na dużych poletkach czy polach produkcyjnych. O takich różnicach wspomniano w pracach Prasifka i in. [25]. Sami przedstawiciele EC w czasie dyskusji z WTO stwierdzili, że: „Skala testowania ma główny wpływ na ocenę oddziaływania GMO na środowisko”.

Wpływ odmian kukurydzy GM na inne niedocelowe organizmy

Opinia EFSA. Zostało dobrze udokumentowane, że toksyny Bt działają na szereg gatunków niedocelowych *Lepidoptera*, które mogą występować także w uprawach kukurydzy [14, 28] Jednak toksyczne oddziaływanie na jakąkolwiek populację motyli jest ograniczone do gatunków żerujących na roślinach z Bt lub jej produktu. Najbardziej wystawione na działanie toksyny mogą być gąsienice żerujące na swoich

roślinach żywicielskich, rosnących w otoczeniu upraw kukurydzy, na których osiadł pyłek z odmian Bt. Kukurydza, wprowadzona do uprawy w Europie, nie stanowi istotnego źródła pokarmu dla endemicznych gatunków *Lepidoptera*, a wpływ przeniesienia pyłku wydaje się krótkotrwały i nieznaczny, jak to wykazały badania nad monarchami w USA [9].

Opublikowane dane dotyczące potencjalnego oddziaływania GMO w wyniku ekspresji toksyny Bt koncentrowały się głównie na liniach kukurydzy Bt 11 i Bt 176, obie wytwarzające Cry 1 Ab. Podobnego oddziaływania na środowisko można oczekiwać w przypadku obecności innych genów *cry*, jednakże zakres potencjalnego efektu będzie uzależniony od ekspresji odpowiedniego genu i toksyczności warunkowanego białka. Hellmich i in. [18] porównali toksyczność różnych toksyn Bt i określili ponad 10 000-krotnie niższą toksyczność toksyny Cry 1F (wytwarzanej w kukurydzy 1507) na pierwsze stadia larwalne monarcha w stosunku do innych toksyn Cry (np. Cry 1 Ab). Z drugiej strony, zgodnie z danymi przedstawionymi w dossier wnioskodawcy, stężenie Cry 1F w pyłku kukurydzy 1507 jest wyższe w stosunku do zawartości Cry 1Ab w pyłku kukurydzy Bt 11 (1,3 ng toksyny Cry w 1 mg białka roślinnego w pyłku Bt 11 w stosunku do 160 ng białka Cry w 1 mg białka roślinnego w pyłku kukurydzy 1507). Jednakże Hellmich i in. [18] wykazali, że dieta zawierająca pyłek kukurydzy Bt 1507 nie działała negatywnie na larwy monarcha.

Biorąc pod uwagę dane o toksyczności i ekspozycję Cry 1F, Zespół Naukowy ds. GMO zgodził się z oceną wnioskodawcy, że można uznać ryzyko ekspozycji niedocelowych gatunków *Lepidoptera* na stężenie toksyny poprzez pyłek kukurydzy 1507 za nieistotne i nie wydaje się, aby mógł mieć miejsce ich szkodliwy wpływ na te populacje.

Trzyletnie badania nad kukurydzą Bt (Bt 176 wytwarzającą Cry 1Ab) w Hiszpanii nie wykazały niekorzystnego wpływu na śmiertelność, rozwój i długość okresu osiągnięcia zdolności do rozwoju, płodność i wrodzone tempo wzrostu populacji potomstwa uskrzydłych mszyc, w ciągu szeregu populacji, na roślinach kukurydzy Bt w stosunku do konwencjonalnej odmiany [22], co jest zgodne z danymi o braku występowania toksyny Bt we floemie roślin GM [26].

Bezpośrednie i pośrednie oddziaływania roślin GM na wyższe zwierzęta w łańcuchu pokarmowym, włączając w to zarówno bezkręgowce jak i kręgowce (ptaki, ssaki), zostało omówione w różnych publikacjach [15, 21]. Publikacje te nie dostarczają danych o przypadkach zatrucia tych organizmów w uprawach GM; w dwu etapowych testach laboratoryjnych nad toksycznością (z ang. first and second tier exposure) jak i w badaniach z wykorzystaniem sztucznych diet zawierających toksyny Bt. Wzięto też pod uwagę fakt, że w warunkach polowych większość zwierząt wyższego poziomu łańcucha pokarmowego odżywia się pokarmem pochodzącym z różnych źródeł.

Literatura nie podaje też danych o akumulacji toksyn w łańcuchu pokarmowym i nie oczekuje się tego zjawiska biorąc pod uwagę, że toksyny te są stosunkowo łatwo

rozkładającym się białkiem. W większości przypadków, toksyny te są rozkładane w trakcie przechodzenia przez przewód pokarmowy, chociaż oznaczalne ilości toksyn Bt zidentyfikowano w odchodach, co wskazuje na możliwość ich przenikania do środowiska. Wpływ białka Cry 1Ab w transgenicznej odmianie kukurydzy na mikroflorę bakteryjną w żwaczu bydła porównano z oddziaływaniami paszy uzyskanej z konwencjonalnej izogenicznej odmiany kukurydzy, analizując 497 gatunków bakterii. Specyficzny skład gatunkowy bakterii można było zidentyfikować w ekstraktach ze żwacza wszystkich badanych osobników bydła, ale nie stwierdzono istotnego wpływu paszy z kukurydzy Bt (Bt 176) na skład populacji mikroflory [12]. Dlatego Zespół EFSA uważa, że można pominąć oddziaływanie toksyny Bt na środowisko poprzez obornik, ponieważ tylko niewielkie ilości toksyny dostają się do środowiska poprzez obornik i nie wydaje się prawdopodobne, aby nastąpiły istotne długoterminowe zmiany w składzie mikroorganizmów w oborniku.

W podsumowaniu Zespół EFSA stwierdził, że redukcja występowania ofiary – pokarmu drapieżców i pasożytoidów może być wynikiem wielu decyzji związanych z uprawą i nie widzi powodów, aby sądzić, że kukurydza Bt 157 będzie wywoływała zmiany wśród gatunków niedocelowych, które różniłyby się od tych powodowanych przez uprawę komercyjnych odmian kukurydzy [13].

Uwagi FEE. FEE podważa stanowisko Zespołu EFSA o braku wpływu krótkiego okresu uprawy kukurydzy w Europie na faunę motyli. Postawiono konkretne pytania: Jakie gatunki motyli nie żerują i nie rozwijają się na kukurydzy? Czy są to gatunki ginące? Jaką część ich diety stanowi kukurydza? Jakie znaczenie mają te gatunki dla organizmów wyższych?.

Odnośnie opinii EFSA o niskiej toksyczności Bt dla motyli, FEE uważa, że ponieważ motyl monarcha jest gatunkiem północno-amerykańskim, to nie uprawnia to do wyciągania wniosku, że toksyna Cry 1F jest bezpieczna dla innych motyli. Dokładniejsze badania nad Cry 1Ab wykazały, że wysoka tolerancja w stosunku do jednego gatunku nie może być wskaźnikiem dla innych gatunków. Zakres toksyczności wywołującej 50% śmiertelności różnych badanych gatunków *Lepidoptera* wahać się może od $0,8 \text{ ng} \cdot \text{ml}^{-1}$ (larwy pierwszego stadium motyli monarcha) do $107\,000 \text{ ng} \cdot \text{ml}^{-1}$ (świeżo wylęgłe gąsienice sówki *Spodoptera exigua* [33]).

Jeżeli chodzi o ekstrapolowanie wyników badań z USA do Europy, to FEE zapytuje, jakie jest prawdopodobieństwo ekspozycji europejskich gatunków *Lepidoptera* na toksyny w uprawach GM. Czy zachowanie motyli i gąsienic monarcha można porównać z europejskimi gatunkami *Lepidoptera* występującymi na polach kukurydzy? Czy europejskie gatunki *Lepidoptera* są bardziej lub mniej wrażliwe na Cry 1F od monarcha?

FEE również podważa wniosek wyciągnięty przez Zespół EFSA na podstawie danych opublikowanych przez Dively i in. [9]. Autorzy ci stwierdzili, że toksyczny wpływ pyłku kukurydzy Bt był spowodowany zjedaniem pyłku kukurydzy, który osiadł na roślinach trojeści (*Asclepias* sp.), a nie na roślinach kukurydzy (dokładniejsze informacje można znaleźć w opracowaniu Dąbrowskiego i Góreckiej [18]).

Odnosnie przechodzenia toksyn Bt do organizmów na wyższych poziomach troficznych, to FEE zaznacza, że Dyrektywa 2001/18/EC wymaga, aby przy ocenie ryzyka uwzględniać też pośrednie oddziaływania. Natomiast stanowisko EFSA oparte jest na analizie bezpośredniej toksyczności dla organizmów wyższych. FEE zapytuje, co z organizmami, których „dieta nie obejmuje szeregu źródeł pokarmu”? Jakie znaczenie w ich diecie mają docelowe i niedocelowe gatunki *Lepidoptera*? Bez oceny wpływu na europejskie gatunki *Lepidoptera*, nie można dokonać rzetelnej oceny, czy istnieje prawdopodobieństwo oddziaływania na główne gatunki lub czy te gatunki są ważnym źródłem pokarmu dla organizmów wyższych. Gąsienice motyli są ważnym źródłem pokarmu dla zanikających gatunków ptaków, jak również dla większości gatunków ptaków ziarnojadów [4, 32, 34].

FEE postawiła następujące pytania: Jaką rolę odgrywa docelowy gatunek w diecie organizmów wyższych? Jakie znaczenie mają te gatunki w diecie organizmów wyższych? W podsumowaniu FEE zaznaczyła, że jest sprawa zasadniczą, aby pośrednie oddziaływania odmian GM na różnorodność biologiczną zostały właściwie przebadane zgodnie z wymaganiami Dyrektywy 2001/18/EC.

Harwood i in. [17] donieśli o występowaniu endotoksyny Cry 1 Ab w ciele drapieżnych stawonogów w agrocenozach kukurydzy Bt, wskazując na jej przemieszczanie się na wyższe poziomy troficzne. FEE podpira swoje stanowisko wypowiedzią przedstawicieli Komisji Europejskiej podczas spotkania z WTO: „Społeczeństwa europejskie uważają, że na podstawie obecnie dostępnych informacji, toksyny Bt mogą akumulować się w ciele gatunków roślinożernych, odpornych na działanie Bt (np. w gąsienicach, które mają zdolność przyjmowania toksyny Bt i tym samym akumulować ją (lub jej metabolity bez objawów zatrucia) i tym samym przekazywać toksynę Bt i/lub jej metabolity do organizmów wyższego szczebla troficznego (np. drapieżców i pasożytoidów odżywiających się gatunkami roślinożernymi odpornymi na Bt).

Dyskusja

Przedstawione powyżej rozbieżności w ocenie ryzyka związanego z uprawą odmian GM w Europie wskazują, że istnieje pilna potrzeba prowadzenia dalszych prac nad metodami i technikami stosowanymi w badaniach naukowych, które będą akceptowane przez różne grupy społeczeństwa, w tym ekologiczne organizacje pozarządowe. Największe rozbieżności istnieją w ocenie toksyczności odmian GM dla organizmów niedocelowe i zakresu gatunków i procesów uwzględnianych w czasie monitorowania efektów niezamierzonych w środowisku.

Również podkreśla się, że zarówno Dyrektywa EU 2001/18/EC jak i oceny dokonywane przez Zespół Naukowy ds. GMO EFSA nie zwracają należytej uwagi na wpływy specyficzności regionalnej, dlatego w Polsce należy zwrócić szczególną uwagę na te zagadnienia. Na podkreślenie zasługuje fakt, że opracowując projekt ustawy: „Prawo o organizmach genetycznie zmodyfikowanych”, opierano się na

zasadzie maksymalnego surowego reżimu oceniania konsekwencji uwalniania odmian GM do środowiska w kontekście jego bezpieczeństwa dla środowiska. Podkreślano, że Polska jest ewenementem pod względem bogactwa bioróżnorodności w Europie, a wprowadzenie do uprawy odmian GM może spowodować poważne zakłócenia funkcjonowania ekosystemu [1]. W projekcie ustawy szczególny nacisk położono na uwarunkowania środowiskowe, jak: skład gleby, faunę, florę, obecność gatunków chronionych, uwarunkowania klimatyczne.

W tym kontekście budzą zdziwienie następujące fakty:

- KBN w 2005 r. nie przyznał grantu na realizację tematu badawczego przygotowanego przez specjalistę biologii molekularnej, z dwuletnim stażem naukowym w USA, nad weryfikacją metodyki i technik stosowanych w ocenie efektów niezamierzonych. Przyznanie „0” punktów w skali 1–10 przez jednego z recenzentów jest dowodem na to, że i w środowisku naukowym istnieje potrzeba głębszej krytycznej analizy stanu wiedzy w tym zakresie w świecie.
- Wyrażanie opinii przez niektórych badaczy, że istnieje wystarczająca wiedza o efektach niezamierzonych uprawy odmian GM na środowisko, stąd w Polsce nie należy prowadzić dalszych prac badawczych w tym zakresie.
- Postulaty części rolników, że całkowity zakaz uprawy odmian transgenicznych spowoduje spadek konkurencyjności produkcji rolniczej w Polsce, przy wycofaniu w bliskiej przyszłości dopłat bezpośrednich nie są brane pod uwagę. Potencjalne korzyści ekonomiczne dla polskiego rolnictwa z uprawy tych odmian podają w ostatnio przygotowanych raportach Brooks i Anioł [3], i zespół pracowników Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej [27].

Wydaje się, że przedstawione powyżej rozbieżności w ocenie przez różne grupy społeczne niezamierzonego wpływu odmian GM na środowisko wskazują, że są one jednak potrzebne. Zarówno przedstawiciele organizacji Greenpeace, samorządów terytorialnych jak i większość naukowców podkreślają w dyskusjach, że istnieje pilna potrzeba uzyskania takich obiektywnych danych dla warunków Polski. Postulaty te odnoszą się również do zobowiązań Polski odnośnie realizacji „Protokołu bezpieczeństwa” z Kartagenu podpisanego w Montrealu 29 stycznia 2000 i ratyfikowanego przez Polskę 26 listopada 2003 r. Jako jedno z podstawowych zadań wymienia się przygotowanie zasobów ludzkich i instytucji (z ang. capacity building), a więc podwyższanie kwalifikacji personelu na wszystkich etapach i szczeblach pracy w aspekcie naukowym i technicznym w ramach współpracy technicznej i ekonomicznej oraz związanym z legislacją [31]. Pomimo obecnego zaangażowania wielu instytucji, wydaje się, że istnieje pilna potrzeba zwrócenia większej uwagi na te zobowiązania w Polsce.

Wnioski

- Niezależnie od obecnego stanowiska rządu RP odnośnie braku wyrażania zgody na uprawę odmian genetycznie zmodyfikowanych (GM) w Polsce, wyrażonego w Ramowym Stanowisku Polski i przyjętego przez Radę Ministrów w dniu 7 marca 2006 r., naukowcy polscy powinni podjąć badania nad opracowaniem lub adaptacją metodyk i technik pozwalających na obiektywną ocenę stopnia zagrożenia dla środowiska wynikającego z uwolnienia tych roślin.
- Wyrażona opinia delegacji rolników w czasie spotkania z parlamentarzystami w Sejmie w czerwcu 2006 r. o obiektywnej ocenie korzyści i potencjalnych zagrożeń uprawy odmian GM i ewentualnym spadku konkurencyjności polskiego rolnictwa przy braku dostępu do nowoczesnych technologii wskazuje, że sprawa negatywnego stosunku do rejestracji odmian GM do uprawy w Polsce, nie jest zamknięta.
- Jednocześnie należy brać poważnie pod uwagę krytyczną ocenę stosowanych dotychczas technik laboratoryjnych i metodyki niektórych doświadczeń polowych nad oceną zagrożenia dla różnych elementów środowiska, co wskazuje na konieczność ich dalszego doskonalenia.
- Prowadzenie badań w tym zakresie, włączenie do tych prac młodych pracowników nauki i magistrantów, powinno się przyczynić do wypełnienia zobowiązań Polski, jako strony „Protokołu biobezpieczeństwa” z Kartagenu podpisanego w Montrealu, a dotyczącego m.in. rozwijania zasobów ludzkich i instytucji w zakresie biobezpieczeństwa.
- Konieczność dostarczania wyników badań nad oceną ryzyka uwolnienia odmian GM do środowiska prowadzonych w różnych regionach (a nie automatyczne przenoszenie danych uzyskanych w USA) jest coraz częściej postulowana nie tylko przez proekologiczne organizacje pozarządowe, ale i przez ekspertów z różnych krajów Unii Europejskiej, biorących udział w pracach nad wdrożeniem Dyrektywy UE 2001/18/EC do praktyki.
- Podkreślany udział czynnika społecznego i organizacji pozarządowych w wyrażaniu opinii odnośnie uwalniania GMO do środowiska w dyrektywach Komisji Europejskiej jak i w projekcie polskiego „Prawa o organizmach genetycznie zmodyfikowanych”, nakłada na badaczy dodatkowe obowiązki stosowania „zasady przeczności” przy formułowaniu wniosków. Jednocześnie coraz częściej stawiane postulaty rolników o dostęp do nowoczesnych technologii wymuszają uwzględnianie w tych ocenach potencjalnych korzyści z uprawy odmian GM i opracowanie zasad koegzystencji różnych systemów produkcji roślinnej w Polsce.

Literatura

- [1] Anonim. 2006. Uzasadnienie. Projekt ustawy – Prawo o organizmach genetycznie zmodyfikowanych. Projekt 20. 06. 2006. Mimeograf., Ministerstwo Środowiska, Warszawa: 20 ss.
- [2] Bourget D., Chaufaux J., Micoud A., Delos M., Naibi B., Bombardes F., Marque G., Eychenne N., Pagliari. 2002. *Ostrinia nubilalis* parasitism and the field abundance of non-target insects in transgenic *Bacillus thuringiensis* corn (*Zea mays*). *Environ. Biosafety Res.* 1: 49–60.
- [3] Brookes G., Anioł A. 2005. Wpływ użytkowania roślin genetycznie zmodyfikowanych na produkcję roślinną w gospodarstwach rolnych w Polsce. *Biotechnologia* 1/2005: 7–45.
- [4] Campbell L.H., Avery M.I., Donald P., Evans A.D., Green R.E., Wilson J.D. 1997. A review of the indirect effects of pesticides on birds. *JNCC Report* no. 227: 145 ss.
- [5] Candolfi M.P., Brown K., Grimm C., Reber B., Schmidli H. 2004. A faunistic approach to assess potential side-effects of genetically modified Bt-corn on non-target arthropods under field conditions. *Biocontrol Science and Technology* 14: 129–170.
- [6] Dąbrowski Z.T. 2005. Wpływ transgenicznych odmian tolerujących herbicydy na wybrane elementy agrocenoz. *Post. Nauk Rol.* 1: 105–119.
- [7] Dąbrowski Z.T., Górecka J. 2006. Metodyka oceny ryzyka uprawy odmian zmodyfikowanych genetycznie odpornych na szkodniki. *Prog. Pl. Protection/Post. Ochr. Roślin* 46(1) (w druku).
- [8] Dąbrowski Z.T., Górecka J. 2006. Pyłek odmian roślin uprawnych modyfikowanych genetycznie a motyle. *Kosmos* 55: 259–265.
- [9] Dively G.P., Rose R., Sears M.K., Hellmich R.L., Stanley-Horn D.E., Calvin D.D., Russo J.M., Anderson P.L. 2004. Effects on monarch butterfly larvae (Lepidoptera: Danaidae) after continuous exposure to Cry1Ab-expressing corn during anthesis. *Environ. Entomol.* 33(4): 1116–1125.
- [10] Dutton A., Romeis J., Bigler F. 2003. Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods: Bt-maize expressing Cry1Ab as a case study. *BioControl* 48: 611–636.
- [11] Dutton A., Klein H., Romeis J., Bigler F. 2003. Pre-mediated effects of *Bacillus thuringiensis* spray on the predator *Chrysoperla carnea* in maize. *Biological Control* 26: 209–215.
- [12] Einspanier R., Lutz B., Rief S., Berezina O., Zverlov V., Schwarz W., Mayer J. 2004. Tracing residual recombinant feed molecules during digestion and rumen bacterial diversity in cattle fed transgene maize. *European Food Research and Technology* 218: 269–273.
- [13] European Food Safety Authority (EFSA). 2005. Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on a request from the Commission related to the notification (Reference C/ES/01/01) for the placing on the market of insect-tolerant genetically modified maize 1507 for import, feed and industrial processing and cultivation, under Part C of Directive 2001/18/EC from Pioneer Hi-Bred International/Mycogen Seeds (Question No EFSA-Q-2004-072). *The EFSA Journal* 181: 1–33 i <http://www.efsa.eu.int>.

- [14] Evans H.F. 2002. Environmental impact of Bt exudates from roots of genetically modified plants. Defra-Report (EPG 1/5/156).
- [15] Firbank L.G., Heard M.S., Woiwod I.P. i dalszych 16 współautorów. 2003. An introduction to the Farm-Scale Evaluation of genetically modified herbicide-tolerant crops. *J. Applied Ecology* 40(1): 2–16.
- [16] Friends of Earth Europe (FEE). 2006. What's wrong with an EFSA opinion. [http://www.foeeurope.org/publications/2006hidden uncertainties.pdf](http://www.foeeurope.org/publications/2006hidden%20uncertainties.pdf).
- [17] Harwood J.D., Wallin W.G., Obrycki J.J. 2005. Uptake of Bt endotoxin by nontarget herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. *Molecular Ecology* 14: 2815–2823.
- [18] Hellmich R.L., Siegfried B.D., Sears M.K., Stanley-Horn D.E., Daniels M.J., Mattila H.R., Spencer T., Bidne K.G., Lewis L.C. 2001. Monarch larvae sensitivity to *Bacillus thuringiensis* – purified proteins and pollen. *PNAS* 98: 11025–11930.
- [19] Hilbeck A., Baumgartner M., Fried P.M., Bigler F. 1998. Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 27: 480–487.
- [20] Hilbeck A., Moar W.J., Pusztai-Carey M., Fillippini A., Bigler F. 1998. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* CryAAB toxin to the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 27: 1255–1263.
- [21] Kjellson G., Strandberg M. 2001. Monitoring and surveillance of genetically modified higher plants – Guidelines for procedures and analyses of environmental effects. Birkhäuser Publishing – Basel, Boston, Berlin: 119 ss.
- [22] Lumbierres B., Albajes R., Pons X. 2004. Transgenic Bt maize and *Rhopalosiphum padi* (Hom., Aphididae) performance. *Ecol. Entomol.* 29(3): 309–317.
- [23] Musser F.R., Sehltan A.M. 2003. Bt sweet corn and selective insecticides: impacts on pests and predators. *J. Econ. Entomol.* 96: 71–80.
- [24] Pons X., Stary P. 2003. Spring aphid-parasitoid (Hom. Aphididae, Hym. Braconidae) association and interactions in a Mediterranean arable crop ecosystem, including Bt maize. *J. Pest Sci.* 765: 133–138.
- [25] Prasifka J.R., Hellmich R.L., Dively G.P., Lewis L.C. 2005. Assessing the effects of pest management on nontarget arthropods: the influence plot size and isolation. *Environ. Entomol.*
- [26] Raps A., Kehr J., Gugerli P., Moar W., Bigler F., Hilbeck A. 2001. Immunological analysis of phloem sap of *Bacillus thuringiensis* corn and of the nontarget herbivore *Phopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) for the presence of Cry1Ab. *Molecular Ecology* 10: 525–533.
- [27] Romeis J., Dutton A., Bigler F. 2004. *Bacillus thuringiensis* toxin (Cry 1 Ab) has no direct effect on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (STEPHENS) (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Insect Physiol.* 50: 175–183.
- [28] Schmitz G., Pretschner P., Bartsch D. 2003. Selection of relevant non-target herbivores for monitoring the environmental effects of Bt maize pollen. *Environ. Biosafety Research* 2: 117–132.
- [29] Seremak-Bulge J., Hryszko K., Jóźwiak W., Urban R. 2006. Raport. Rośliny genetycznie zmodyfikowane. Uwarunkowania ekonomiczne i prawne w Polsce. Izba Gospodarcza Handlowców, Przetwórców Zbóż i Producentów Pasz, Warszawa: 34 ss.

- [30] Siegfried B.D., Zoerb A.C., Spencer T. 2001. Development of European corn borer larvae on Event 176 Bt corn: influence on survival and fitness. *Entomol. Exp. Applic.* 100: 15–20.
- [31] Twardowski T., Zimny J., Twardowska A. 2003. Biobezpieczeństwo biotechnologii. Agencja EDYTOR, Poznań: 265 ss.
- [32] University of East Anglia. 2002. Modelling the effects on farmland food webs of herbicide and insecticide management in the agricultural ecosystem, DEFRA, London, U.K.: 88 ss.
- [33] Van Frankenhuyzen K., Nystrom C. 2002. The *Bacillus thuringiensis* toxin specificity database. <http://www.glf.c.ca/bacillus>.
- [34] Wilson J.D., Arroyo B.E., Clark S.C. 1996. The diet of bird species of lowland farming: a literature review. University of Oxford. RSPB, Sandy, U.K.: 97 ss.
- [35] Wolt J.D., Peterson R.K.D., Bystrak P., Meade T. 2003. A screening level approach for nontarget insect risk assessment: transgenic Bt corn pollen and the monarch butterfly (Lepidoptera: Danaidae). *Environ. Entomol.* 32(2): 237–246.

Evaluation of opinions on ecological consequences of growing genetically modified (GM) crops: case studies on the effects of Bt maize cultivars on non-target organisms

Key words: GMO, genetically modified plants (GM plants), maize, Bt, environmental risk assessment, non-target organisms

Summary

Recent discussions among representatives of the Polish Parliament, ministries, industry, farmers, local governments, pro-ecological NGOs and scientists revealed a deep and emotional division in their opinions on approval of growing GM crops in Poland. Both supporters as well critics expressed the needs for objectively evaluation of collected scientific data on the effect of GM crops on non-target organisms, preferably from research projects carried out in our region. Some critics have also questioned decisions of various panels and committee of European Commission of not following rule of „precaution” in the environmental risk assessment (ERA).

To clarify these objections the Bt maize case has been used to demonstrate a notification procedure which has to be followed to obtain permission to release GM crop to environment in the European Union region.. Some documents accessible to the public, containing research data analysis by the Scientific Panel on GMO of the European Food Safety Authority (EFSA), comments of the EU member states and the response of the Friends of Earth Europe (FEE) are presented herein. The differences in the understanding and interpretation of some research data and the final risk assessment between EFSA and FEE are demonstrating further needs to improve

methodology and techniques used in the studies on GM crop impact on the environment.

A strong plea is directed to the Polish authorities and scientific community to expand research on environmental risk assessment to meet the country obligation in capacity building in biosafety according to the Cartagena Biosafety Protocol.

Stosowanie osłon z tworzyw sztucznych w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór

Wanda Wadas

*Katedra Warzywnictwa, Akademia Podlaska
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: wwadas@ap.siedlce.pl*

Słowa kluczowe: ziemniak wczesny, folia perforowana, włóknina polipropylenowa, wzrost i rozwój roślin, plon, jakość bulw, efektywność ekonomiczna

Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania uprawą ziemniaka na wczesny zbiór. Spowodowane jest to rosnącym zapotrzebowaniem na rynku wewnętrznym, a także możliwością eksportu. Wysokie ceny uzyskiwane za młode ziemniaki, zwłaszcza dostarczane na rynek do końca czerwca powodują, że opłacalność ich produkcji jest wyższa niż innych kierunków użytkowania ziemniaka. Rynek ziemniaków wczesnych w Polsce jest stosunkowo nieduży (około 12% produkcji ziemniaków jadalnych). Produkcja ziemniaków wczesnych wiąże się ze znacznym ryzykiem dla producentów, ze względu na duże wahania plonów w latach i szybki spadek cen powodowany gwałtownym wzrostem ich podaży. Uzyskanie wysokich dochodów z produkcji ziemniaków wczesnych jest możliwe w warunkach zapewniających wczesne zawiązywanie i szybki przyrost bulw, i sprzedaż w okresie, gdy cena jest najwyższa. Sezon handlowy na rynku ziemniaków wczesnych w Polsce rozpoczyna się stosunkowo późno. Młode ziemniaki z uprawy polowej w rejonach najbardziej przydatnych do ich produkcji [45] zbierane są na przełomie pierwszej i drugiej dekady czerwca, natomiast w rejonach o mniej korzystnych warunkach termicznych dopiero na początku lipca. W dobrych warunkach uprawy opłacalny plon bulw handlowych około $15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ można uzyskać już po 55–60 dniach od posadzenia, na przełomie maja i czerwca [3, 19, 39]. Warunkiem nagromadzenia wysokiego plonu w tak krótkim czasie jest wczesne zawiązywanie bulw i szybki ich przyrost. Bardzo korzystne warunki termiczne dla produkcji ziemniaków wczesnych występują w Polsce średnio co 3 lata. Jednocześnie co 4–6 lat występuje chłodny maj ze średnią

miesięczną temperaturą poniżej 10°C, który znacznie opóźnia termin zbioru ziemniaków bardzo wczesnych.

Niekorzystny wpływ niskiej temperatury w początkowym okresie wegetacji ziemniaka można zmniejszyć stosując osłony z tworzyw sztucznych bezpośrednio na obsadzone pole. Taka metoda uprawy ziemniaka na wczesny zbiór stosowana jest od wielu lat w krajach zachodniej Europy. W Polsce badania nad stosowaniem osłon w polowej uprawie ziemniaka rozpoczęto na początku lat 90. ubiegłego stulecia [8, 22, 40, 59]. W pracy omówiono efekty produkcyjne i ekonomiczne stosowania dwóch rodzajów osłon z tworzyw sztucznych, folii polietylenowej perforowanej i włókniny polipropylenowej. Szczególną uwagę zwrócono na wpływ rodzaju osłony i długości okresu okrycia na wzrost i rozwój roślin, a w efekcie na plon bulw i efektywność ekonomiczną produkcji w rejonach o mniej korzystnych warunkach termicznych wiosny dla uprawy ziemniaka z przeznaczeniem na wczesny zbiór.

Mikroklimat pola pod osłonami

Warunki cieplne występujące pod osłonami zależą od rodzaju osłony i pory dnia [1, 18, 24, 25]. Większy wzrost temperatury gleby powoduje stosowanie folii perforowanej niż włókniny. W środkowo-wschodniej Polsce średni wzrost temperatury gleby na głębokości 10 cm na skutek stosowania osłon wynosił 1,5–2,2°C w godzinach porannych i 3,2–4,0°C w godzinach południowych. Temperatura gleby pod folią perforowaną była przeciętnie o 1–2°C wyższa niż pod włókniną. W warunkach centralnej Polski, w początkowej fazie wzrostu ziemniaka, temperatura gleby na głębokości 10 cm pod folią perforowaną była wyższa o 1,2–2,1°C, a pod włókniną o 0,4–1,1°C niż gleby nieosłoniętej. Podobne wyniki uzyskano w rejonie południowo-zachodnich Niemiec [4]. W północno-wschodniej Polsce, gdzie warunki termiczne wiosną są mniej korzystne dla wczesnej produkcji, średni wzrost temperatury gleby na głębokości 10 cm na skutek okrycia folią perforowaną wynosił 2,1–3,3°C [59]. W badaniach prowadzonych w Walii średni dzienny wzrost temperatury na głębokości 10 cm w wyniku okrycia folią perforowaną wynosił 2–4°C, a temperatury powietrza przy gruncie o 1–5°C [15, 16, 27], natomiast w Republice Czeskiej temperatura gleby na głębokości 10 cm pod włókniną była wyższa średnio o 1,8°C, a temperatura powietrza przy gruncie o 2,0°C [12]. Według Bizera [2] oraz Dvořáka i in. [5] przykrycie włókniną stwarza korzystny mikroklimat dla wschodów i wzrostu roślin ziemniaka, nawet gdy temperatura przy gruncie spadnie do –7°C. Temperatura gleby na głębokości 10 cm była wówczas prawie o 3°C wyższa, i powyżej 0°C, w porównaniu z odkrytym polem. W rejonie Wrocławia w początkowym okresie po posadzeniu ziemniaka (10–15 kwietnia) temperatura gleby na głębokości 5 cm pod włókniną była wyższa o 1–2°C, a głębiej o 2–3°C niż gleby nie okrytej, natomiast w późniejszym okresie (27 kwietnia–10 maja) zróżnicowanie temperatury dochodziło nawet do 5°C [28].

Wzrost i rozwój roślin

Opłacalny plon młodych ziemniaków już po 60 dniach od sadzenia można uzyskać wtedy, gdy okres od posadzenia do wschodów trwa 15–21 dni, od wschodów do zakończenia tuberyzacji 19–24 dni, a okres akumulacji plonu minimum 20 dni [19]. Okres od sadzenia do wschodów jest tym krótszy, im wyższa jest temperatura gleby [1]. Zastosowanie osłon pozwala na przyspieszenie terminu sadzenia, umożliwia wcześniejsze wschody, a w razie niekorzystnych warunków termicznych chroni wschodzące rośliny przed przymrozkami. Podkiełkowane sadzeniaki można wysadzać w pole, gdy gleba ogrzeje się do 5–6°C, natomiast dla uprawy prowadzonej z zastosowaniem osłony wystarczające jest, by temperatura gleby na głębokości 10 cm w okresie 3–5 dni poprzedzających sadzenie utrzymywała się na poziomie 3–4°C [1, 23]. Badania prowadzone za granicą (Republika Czeska, Walia) dowiodły, że stosowanie osłon skracza okres od sadzenia do wschodów o 3 do 8 dni oraz powoduje szybszy wzrost i rozwój roślin w późniejszym okresie [12, 13, 16, 27]. W rejonie północno-wschodniej Polski, charakteryzującym się odmiennymi warunkami klimatycznymi niż pozostałe rejony kraju, wschody roślin bardzo wczesnych odmian ‘Frezja’, ‘Irys’, ‘Koral’ i ‘Orlik’ oraz średnio wczesnej odmiany ‘Irga’ pod folią perforowaną nastąpiły już po 14–21 dniach od sadzenia, a bez osłony po 19–25 dniach od sadzenia [59]. Podwyższenie temperatury gleby na skutek stosowania osłon w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór w środkowo-wschodniej Polsce przyczyniło się do skrócenia okresu od sadzenia do wschodów i od sadzenia do zawiązywania bulw wczesnych odmian ‘Aksamitka’ i ‘Cykada’ przy wysadzaniu sadzeniaków podkiełkowywanych przez 8 tygodni, średnio o 5 dni w porównaniu z uprawą w odkrytym polu. Większy wzrost temperatury gleby pod folią perforowaną niż pod włókniną powodował wcześniejsze wschody i zawiązywanie bulw o 1–2 dni [18]. Zastosowanie folii perforowanej w uprawie bardzo wczesnych odmian ‘Aster’, ‘Irys’ i ‘Malwa’ oraz wczesnej odmiany ‘Lotos’ na Lubelszczyźnie powodowało skrócenie okresu od sadzenia do wschodów o 6 do 9 dni, od sadzenia do początku kwitnienia o 4 dni, a okresu od sadzenia do pełni zasychania naci o 1 do 6 dni [41, 43]. W warunkach centralnej Polski wschody bardzo wczesnych odmian ‘Aster’, ‘Malwa’ i ‘Orlik’ oraz wczesnej odmiany ‘Lotos’ na polu okrytym włókniną następowały o 4–5 dni wcześniej [21], natomiast w rejonie Wrocławia wschody bardzo wczesnych odmian ‘Aster’ i ‘Drop’, przy wysadzaniu sadzeniaków podkiełkowywanych przez 5 tygodni, pod włókniną następowały już po 8–13 dniach od sadzenia, a bez osłony po 14 dniach [28]. Rośliny pod włókniną były bardziej wyrównane i wyższe, wcześniej rozpoczynały formowanie pąków kwiatowych i wykształciły większą masę części nadziemnych.

Wcześniejszy rozwój roślin w wyniku stosowania osłon pozwala na lepsze wykorzystanie promieniowania słonecznego i wzrost powierzchni asymilacyjnej [7, 60]. Wyższa wartość wskaźnika pokrycia gleby przez liście (LAI) wpływa korzystnie

na wzrost bulw podczas wegetacji, a także na plon końcowy [61]. Według Nelsona i Jenkinsa [27] przyspieszenie wschodów na skutek stosowania osłon powoduje lepsze pokrycie powierzchni gleby przez liście tylko w początkowym okresie wegetacji (maj – początek czerwca). Później różnice te zacierają się, co spowodowane jest szybszym starzeniem się liści roślin w uprawie pod osłonami. Badania przeprowadzone w środkowo-wschodniej Polsce dowiodły, że rośliny wczesnych odmian ‘Aksamitka’ i ‘Cykada’ przy wysadzaniu sadzeniaków podkielekowanych przez 8 tygodni, w uprawie pod osłonami były wyższe średnio o 11,65 cm w porównaniu do wysokości, jaką w tym samym czasie osiągnęły rośliny w uprawie bez osłony, a także miały 2-krotnie większą powierzchnię asymilacyjną liści. Przy stosowaniu folii perforowanej rośliny były wyższe średnio o 4,62 cm, niż okryte włókniną. Rodzaj stosowanej osłony miał mniejszy wpływ na wielkość powierzchni asymilacyjnej liści. Tylko w roku o najniższej temperaturze powietrza w maju powierzchnia asymilacyjna liści roślin przykrytych folią perforowaną była 1,5 razy większa [18]. W rejonie Szczecina, rośliny bardzo wczesnej odmiany ‘Gloria’ przy wysadzaniu sadzeniaków podkielekowanych przez 5 tygodni w uprawie pod folią perforowaną były wyższe tylko 2,0–2,7 cm niż pod włókniną [35, 36]. Na wzrost roślin i rozwój powierzchni asymilacyjnej wpływa nie tylko rodzaj stosowanej osłony, ale także długość okresu okrycia [24]. W warunkach wyższej temperatury wiosną pozostawienie osłon (szczególnie folii perforowanej) nad roślinami po wschodach może ograniczać rozwój powierzchni asymilacyjnej, podczas gdy przy niższych temperaturach daje to efekt dodatni. Według Jenkinsa [15] zbyt późne usunięcie folii perforowanej zmniejsza ilość promieniowania fotosyntetycznego dla roślin o 20–40%.

Badania prowadzone w kraju i za granicą dowiodły, że zmiana warunków w początkowym okresie wzrostu roślin na skutek stosowania osłon pozwala na przyspieszenie zbioru o 7 do 14 dni, w porównaniu z uprawą bez osłony [1, 16, 18, 40, 42, 49].

Plon bulw

Zastosowanie osłon powoduje wzrost wczesnego plonu ziemniaka oraz mniejszą zmienność plonu w latach, w porównaniu z uprawą bez osłaniania roślin [15]. Efekt produkcyjny stosowania osłon wynikający ze wzrostu plonu bulw, w porównaniu z uprawą bez osłaniania roślin w dużym stopniu zależy od czynników klimatycznych i glebowych. Podkielekowanie sadzeniaków przez 4 tygodnie w torfie i okrycie uprawy folią perforowaną w warunkach północno-wschodniej Polski pozwoliło na uzyskanie już po 70 dniach od sadzenia (pierwsza dekada lipca) średnio dla pięciu odmian, w 6-letnim okresie badań, plonu handlowego $29,44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ [59]. Lepiej plonowały bardzo wczesne odmiany ‘Frezja’, ‘Orlik’ i ‘Koral’ oraz średnio wczesna odmian ‘Irga’, niż bardzo wczesna odmiana ‘Irys’. W warunkach centralnej Polski zastoso-

wanie osłony z folii perforowanej w roku o chłodnej wiosnie przyczyniło się do wzrostu plonu bulw frakcji handlowej bardzo wczesnych odmian 'Malwa' i 'Orlik' oraz wczesnej odmiany 'Lotos' po 60 dniach od sadzenia średnio o $5,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (168%) [22], natomiast na Lubelszczyźnie, w tym samym terminie zbioru, wzrost plonu bulw bardzo wczesnych odmian 'Aster', 'Irys' i 'Malwa' oraz wczesnej odmiany 'Lotos' w wyniku osłonięcia roślin folią perforowaną, w zależności od roku i terminu zbioru, wynosił od $1,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $4,46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (9,5% do 58%) [40]. W badaniach prowadzonych za granicą (Walia) stosowanie folii perforowanej w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór powodowało wzrost plonu o $6\text{--}14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, w zależności od odmiany i warunków wegetacji [16].

Powszechna dostępność na rynku włókniny polipropylenowej oraz szeroka promocja tego materiału osłonowego spowodowały, że w praktyce dość często folię perforowaną zastępuje się włókniną polipropylenową. W warunkach środkowo-wschodniej Polski okrycie włókniną spowodowało wzrost plonu handlowego bulw po 60 dniach od sadzenia bardzo wczesnych odmian 'Aster', 'Koral', 'Malwa' i 'Orlik' przy wysadzeniu sadzeniaków podkiełkowanych przez 6 tygodni średnio o $4,63 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (33%) [54]. Podobne wyniki uzyskano w centralnej Polsce [22]. W późniejszym o 2 tygodnie terminie zbioru, przeciętnawyżka plonu tych odmian na skutek osłonięcia roślin włókniną w środkowo-wschodniej Polsce wynosiła $3,72 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (13%). W rejonie Szczecina przykrycie włókniną zwiększało plon handlowy bardzo wczesnej odmiany 'Gloria' przy wysadzeniu sadzeniaków podkiełkowanych przez 5 tygodni, po upływie około 55 dni od sadzenia średnio o $9,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (52%), a po 65 dniach od sadzenia o $7,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (27%) [36]. W rejonie Wrocławia, gdzie warunki termiczne wiosną są bardziej korzystne dla wczesnej produkcji, przykrycie włókniną zwiększyło plon handlowy po upływie około 60 dni od sadzenia bardzo wczesnych odmian 'Aster' i 'Drop' przy wysadzeniu sadzeniaków podkiełkowanych przez 5 tygodni średnio o 74% ($4,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) [28]. Podobny procentowo wzrost plonu bulw tych odmian uzyskano w rejonie Poznania ($8,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) [17] i na Lubelszczyźnie ($7,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) [33]. Gdy zbiór przeprowadzany był 2 tygodnie później różnica w plonie na korzyść stosowania włókniny w rejonie Wrocławia wynosiła $4,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (30%), w rejonie Poznania $3,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (17%), a na Lubelszczyźnie $5,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (22,5%). W późniejszych badaniach prowadzonych w rejonie Poznania, po 60 dniach od sadzenia plon bulw ogółem bardzo wczesnych odmian 'Fresco' i 'Lord' przy wysadzeniu sadzeniaków podkiełkowanych przez 6–8 tygodni w uprawie ze stosowaniem włókniny był większy średnio o $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (35,8%), niż w uprawie bez osłony [47].

Badania przeprowadzone w centralnej Polsce z bardzo wczesnymi odmianami 'Aster', 'Malwa' i 'Orlik' oraz z wczesną odmianą 'Lotos' oraz na Lubelszczyźnie z bardzo wczesnymi odmianami 'Aster' i 'Drop' wykazały większy korzystny efekt stosowania w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór osłony z włókniny niż z folii perforowanej [22, 34]. Użycie włókniny pozwoliło na uzyskanie większego plonu handlowego bulw po 60 dniach od sadzenia odpowiednio o $4,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $5,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$

(31,3% do 55,7%) i o $1,31 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $3,55 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (4,5% do 18,6%), w zależności od terminu zbioru. Lepsze efekty stosowania włókniny w przyspieszonej uprawie ziemniaka potwierdzają badania prowadzone we wschodniej Kanadzie (Quebec) [25]. W rejonie Szczecina i południowo-zachodnich Niemiec, pomimo niższego wzrostu temperatury pod włókniną, nie stwierdzono różnic między wielkością wczesnego plonu ziemniaka z plantacji okrytych folią perforowaną i włókniną [1, 4, 35, 37]. Podobne wyniki uzyskano w środkowo-wschodniej Polsce [56]. Tylko w roku o zimnej wiośnie użycie folii perforowanej pozwoliło na uzyskanie w tym rejonie po 60 dniach od sadzenia większego plonu handlowego bulw wczesnych odmian 'Aksamitka' i 'Cykada' przy wysadzaniu sadzeniaków podkiełkowanych przez 8 tygodni średnio o $4,18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (31,8%), natomiast w latach o cieplejszej wiośnie i w późniejszym terminie zbioru, plony uzyskiwane przy stosowaniu folii perforowanej lub włókniny były zbliżone. Według Bizera [1] w latach o suchej wiośnie lepszą osłoną, szczególnie na glebach lekkich, jest włóknina ponieważ pod folią może wystąpić niedobór wody.

Stosowanie osłon ma większy wpływ na plon bulw ziemniaka w bardzo wczesnym terminie zbioru, natomiast w miarę opóźniania zbioru efekt stosowania osłony w postaci zwiększenia plonu młodych bulw w porównaniu z uprawą bez osłaniania maleje [12, 13, 21, 27, 36, 40, 54]. Wyniki badań prowadzonych w Republice Czeskiej wykazały wzrost plonu bulw na skutek stosowania osłon w okresie do końca czerwca, przy czym wraz z opóźnianiem terminu zbioru różnica wielkości plonu w uprawie bez i z zastosowaniem osłony ulegała zmniejszeniu i pod koniec czerwca była już nieistotna [10, 11].

Efekt stosowania osłon w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór w dużym stopniu zależy od warunków klimatycznych w okresie wegetacji roślin [11, 12, 14, 16, 22, 33, 54]. Większy wzrost plonu bulw w wyniku stosowania osłon uzyskuje się w latach o mniej korzystnych warunkach termicznych w początkowym okresie wegetacji ziemniaka. W środkowo-wschodniej Polsce okrycie uprawy włókniną powodowało zwiększenie plonu bulw handlowych po upływie 60 dni od sadzenia bardzo wczesnych odmian 'Aster', 'Koral', 'Malwa' i 'Orlik', przy wysadzaniu sadzeniaków podkiełkowanych przez 6 tygodni, średnio o 20% do 30% w latach o ciepłej wiośnie i o 240% w roku o zimnej wiośnie, w porównaniu z uprawą bez osłony [54]. W późniejszych badaniach prowadzonych w tym samym rejonie z wczesnymi odmianami 'Aksamitka' i 'Cykada', przy wysadzaniu sadzeniaków podkiełkowanych przez 8 tygodni, w roku o zimnej wiośnie stosowanie osłon pozwoliło na uzyskanie aż 4,5 razy większego plonu bulw handlowych niż w uprawie bez osłaniania roślin [56]. W badaniach prowadzonych w Republice Czeskiej, w uprawie ziemniaka pod włókniną plon handlowy po 60 dniach od sadzenia w roku o wyjątkowo zimnej wiośnie był większy aż o 508% [5, 10, 11].

Stosowanie osłon pozwala na uzyskanie wysokiego plonu bulw ziemniaka we wczesnym terminie zbioru pod warunkiem usunięcia ich we właściwym czasie [24,

38]. Zbyt długie pozostawienie osłony nad roślinami po wschodach może ograniczać rozwój powierzchni asymilacyjnej i powodować zmniejszenie liczby zawiązywanych bulw. Według Reusta [38] w latach ciepłych folię perforowaną należy zdjąć po 10 dniach od wschodów roślin (w stadium formowania stolonów), a w latach chłodniejszych 20 do 30 dni później, jednak osłona powinna być zdjęta zaraz po tuberyzacji (gdy bulwy mają wielkość nasion grochu). W badaniach prowadzonych w Walii najwyższe plony uzyskano, gdy folię perforowaną zdejmowano po 2 tygodniach od wschodów roślin [16]. Podobne wyniki uzyskano w warunkach środkowo-wschodniej Polski [56]. W rejonie tym długość okresu okrycia roślin folią perforowaną lub włókniną – 2 czy 3 tygodnie po wschodach – nie miała istotnego wpływu na wielkość plonu po 60 dniach od sadzenia wczesnych odmian ‘Aksamitka’ i ‘Cykada’ przy wysadzaniu sadzoniaków podkiełkowanych przez 8 tygodni, natomiast przy późniejszym o 2 tygodnie terminie zbioru plon był większy, gdy osłony zostały zdjęte po upływie 2 tygodni od wschodów.

Stosowanie osłon w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór zapewnia nie tylko większy plon, ale także przyczynia się do poprawy jego struktury poprzez zwiększenie wydajności frakcji bulw handlowych i jednocześnie wzrost udziału w plonie masy bulw dużych, o średnicy powyżej 50 mm [28, 33, 36, 47, 54].

Przedstawione wyniki badań wykazują zróżnicowaną reakcję odmian na stosowanie osłon. W tych samych warunkach agroklimatycznych osłonięcie folią perforowaną spowodowało większy procentowo wzrost plonu bulw wczesnej odmiany ‘Lotos’ niż bardzo wczesnych odmian ‘Aster’, ‘Irys’ i ‘Malwa’ [40]. Stosowanie włókniny spowodowało większy wzrost plonu bardzo wczesnych odmian ‘Koral’ i ‘Malwa’ niż ‘Aster’ i ‘Orlik’. Większy był także przyrost plonu bardzo wczesnej odmiany ‘Aster’ niż ‘Drop’ oraz bardzo wczesnych odmian ‘Fresco’ i ‘Accent’ niż odmiany ‘Lord’ [33, 37, 47, 54]. W przyspieszonej uprawie ziemniaka bardzo ważny jest więc właściwy wybór odmiany. Porównanie wpływu stosowania osłon na wzrost i rozwój roślin, a w efekcie na przyspieszenie gromadzenia plonu, utrudnia brak w cytowanych pracach informacji dotyczącej warunków przechowywania sadzoniaków. Autorzy większości prac nie podają także długości okresu podkiełkowania sadzoniaków. Zarówno warunki przechowywania, jak i długość podkiełkowania sadzoniaków wpływają na wiek fizjologiczny bulw w czasie sadzenia i ich potencjał plonotwórczy.

Jakość bulw

Zmiana warunków początkowego wzrostu i rozwoju roślin przez stosowanie osłon wpływa nie tylko na wielkość zbieranego plonu, ale także na skład chemiczny bulw [6, 12, 27, 41, 52, 55]. Badania prowadzone w kraju i za granicą dowiodły, że przyspieszenie wegetacji roślin na skutek stosowania osłon powoduje zwiększenie zawartości suchej masy w bulwach. Przy stosowaniu folii perforowanej zawartość

suchej masy w bulwach była większa o 0,49–2,22%, a przy stosowaniu włókniny o 0,64–2,17% aniżeli w uprawie bez osłaniania roślin. Większy korzystny efekt stosowania osłon w postaci wzrostu zawartości suchej masy w bulwach stwierdza się we wczesnym terminie zbioru oraz w latach o wysokiej temperaturze powietrza i dużym usłonecznieniu. Według innych autorów stosowanie osłon z folii perforowanej lub włókniny stwarzało mniej korzystne warunki do gromadzenia suchej masy w bulwach bardzo wczesnych odmian ‘Aster’ i ‘Drop’ [28, 46]. Jenkins i Gillison [16] przy stosowaniu folii perforowanej mniejszą zawartość suchej masy w bulwach we wczesnym terminie zbioru stwierdzili tylko wtedy, gdy usunięcie osłony następowało później niż 3 tygodnie po wschodach.

Zmiana warunków początkowego wzrostu i rozwoju roślin na skutek stosowania osłony z folii perforowanej w uprawie bardzo wczesnych odmian ‘Aster’ i ‘Drop’ na Lubelszczyźnie powodowała wzrost zawartości w bulwach skrobi, cukrów ogółem, cukrów redukujących i sacharozy [46]. Badania przeprowadzone z tymi samymi odmianami w rejonie Wrocławia, przy wysadzaniu sadzeniaków podkielkowywanych przez 5 tygodni, nie wykazały istotnego wpływu okrycia roślin włókniną na zawartość skrobi w bulwach zebranych po 56–58 dniach od sadzenia, ale przy tej metodzie uprawy zawartość składnika w bulwach starszych, zebranych po 70–72 dniach od sadzenia, była mniejsza średnio o 0,60% aniżeli w uprawie bez osłaniania roślin [28].

Badania nie wykazały istotnego wpływu stosowania osłon w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór na gromadzenie w bulwach białka. Stwierdzono natomiast tendencję do podwyższenia koncentracji kwasu askorbinowego oraz obniżenia koncentracji karotenoidów i polifenoli [6, 14, 20, 52, 55]. Przy tej metodzie uprawy ziemniaka stwierdzano również mniejszą zawartość kwasu askorbinowego w bulwach bardzo wczesnych odmian ‘Aster’, ‘Drop’ i ‘Irys’ niż w uprawie bez osłaniania roślin [28, 44].

Przyspieszenie wegetacji roślin na skutek stosowania osłon przyczynia się do poprawy jakości bulw poprzez zmniejszenie koncentracji azotanów, szczególnie we wczesnym terminie zbioru [6, 20, 26, 53]. Przy tej metodzie uprawy zawartość azotanów była mniejsza o 29–58 mg NO₃ w 1 kg świeżej masy bulw (14,3–31,26%) niż w uprawie bez osłaniania roślin.

W przyspieszonej uprawie ziemniaka z zastosowaniem osłony z folii perforowanej obserwowano mniejszą skłonność do ciemnienia miąższu bulw surowych i po ugotowaniu [42]. Takie zmiany jakości bulw mogą być wywołane przesunięciem wegetacji ku wiosnie i stąd mniejszym nagromadzeniem się w bulwach związków fenolowych, tyrozyny, żelaza, wapnia, kwasu chlorogenowego i kwasu cytrynowego.

Stosowanie osłon w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór należy także rozpatrywać w aspekcie zdrowotności roślin [32]. Większa wilgotność gleby utrzymująca się pod osłonami może przyczynić się do zmniejszenia nasilenia występowania bulw zakażonych parchem zwykłym i rizoktoniozą ziemniaka oraz szybszego tempa szerzenia się zarazy ziemniaka.

Efektywność ekonomiczna produkcji

Stosowanie osłon w produkcji ziemniaków wczesnych wymaga poniesienia większych nakładów [29, 31, 50, 58]. Zwiększanie nakładów na produkcję jest efektywne, jeżeli wartość wzrostu plonu bulw uzyskanego w wyniku osłaniania jest większa niż poniesione koszty. Badania niemieckie wykazały, że przy koszcie zakupu folii perforowanej 1400 DM na 1 ha i przy użytkowaniu jej 1,5–2 razy, wysokość kosztów w ciągu roku wynosiła od 700 do 1050 DM na 1 ha, natomiast przy koszcie zakupu włókniny 2000 DM na 1 ha i wykorzystaniu jej 2–2,5 razy, koszty roczne wynosiły od 800 do 1000 DM. Roczne koszty wykorzystania obu osłon były więc zbliżone [4]. Wysokość faktycznie ponoszonych kosztów zależy jednak przede wszystkim od tego, ile razy folia perforowana czy włóknina zostanie ponownie wykorzystana. W Polsce koszt zakupu włókniny rozliczany na 3 sezony użytkowania wynosił 5200–6300 zł [27, 49]. W Republice Czeskiej, przy koszcie zakupu włókniny 1000–1200 € · ha⁻¹, dwukrotne jej użycie jest opłacalne dla rolników [8].

W rejonie Wrocławia okrycie roślin włókniną zwiększało koszty bezpośrednie produkcji ziemniaków wczesnych o 82,8–92,5% w porównaniu z uprawą bez osłony. Koszt włókniny stanowił 37,0–40,8% poniesionych kosztów [29]. Taka metoda produkcji ziemniaków wczesnych w środkowo-wschodniej Polsce wymagała poniesienia kosztów większych o 47,1–89,4%, a koszt zakupu włókniny stanowił 24,2–39,9% kosztów bezpośrednich [49, 50]. Badania przeprowadzone w północno-wschodniej Polsce wykazały, że koszty produkcji ziemniaków wczesnych pod folią perforowaną były większe o 23,8–29,1% w porównaniu z uprawą bez osłony [59]. Podobne wyniki uzyskano na Lubelszczyźnie [31]. W rejonie tym osłonięcie uprawy folią perforowaną lub włókniną zwiększało koszty bezpośrednie produkcji o 26,7–32,1%, natomiast zastosowanie podwójnej osłony z włókniny i folii perforowanej o 45,9–55,8%. Znacznie mniejszy wzrost kosztów produkcji ziemniaków wczesnych na skutek stosowania włókniny na Lubelszczyźnie niż w innych rejonach kraju jest wynikiem przyjęcia 5-letniego okresu użytkowania osłony. Ze względu na wyższą cenę, koszty bezpośrednie produkcji ziemniaków wczesnych pod włókniną są większe o 18,5–24,8% niż pod folią perforowaną [58].

Stosowanie osłon zwiększa nie tylko koszty bezpośrednie w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, ale powoduje także zwiększenie kosztu jednostkowego (przeciętnego) [29, 50, 59]. W północno-wschodniej Polsce koszty jednostkowe produkcji bardzo wczesnych odmian ‘Frezja’, ‘Irys’, ‘Koral’ i ‘Orlik’ oraz średnio wczesnej odmiany ‘Irga’, przy wysadzeniu sadzeniaków podkiełkowanych w torfie przez 4 tygodnie, pod folią perforowaną były od 1,2 do 1,5 razy wyższe niż w przypadku uprawy w odkrytym polu, gdzie zbiór przeprowadzano około 4 tygodni później. W rejonie Wrocławia, koszty jednostkowe produkcji bardzo wczesnych odmian ‘Aster’ i ‘Drop’ przy wysadzeniu sadzeniaków podkiełkowanych przez 5 tygodni, przy stosowaniu osłony z włókniny, w bardzo wczesnym terminie zbioru (56–58 dni

po posadzeniu) były 1,3 razy większe, a w roku o bardzo korzystnych warunkach dla uprawy ziemniaka na wczesny zbiór prawie identyczne jak w uprawie bez osłony. Przy późniejszym o 2 tygodnie terminie zbioru ziemniaków koszty jednostkowe produkcji pod włókniną były większe 1,3–1,5 razy. W środkowo-wschodniej Polsce osłonięcie uprawy włókniną zwiększyło koszty jednostkowe produkcji o 1,2 do 1,6 razy [50]. Tylko w roku o zimnej wiośnie koszt krańcowy (marginalny) produkcji pod włókniną był 1,6 razy mniejszy niż koszt jednostkowy (przeciętny). Bardziej efektywne okazuje się zwiększanie nakładów na produkcję ziemniaków wczesnych przez stosowanie osłon przy mniej korzystnych warunkach termicznych w początkowym okresie wegetacji ziemniaka [57, 58]. Znaczny wzrost plonu w uprawie pod osłonami równoważy wówczas poniesione koszty i pozwala na wygospodarowanie większej nadwyżki bezpośredniej z produkcji niż bez stosowania osłony [58, 59]. Wyniki badań przeprowadzonych na Lubelszczyźnie wskazują na większe koszty jednostkowe produkcji ziemniaków bardzo wczesnych odmian ‘Aster’ i ‘Drop’ pod folią perforowaną niż pod włókniną [31]. Natomiast w środkowo-wschodniej Polsce bardziej efektywne okazało się zwiększanie nakładów na produkcję wczesnych odmian ‘Aksamitka’ i ‘Cykada’, przy wysadzaniu sadzeniaków podkielkowany przez 8 tygodni, przez stosowanie folii perforowanej. Koszty jednostkowe produkcji pod włókniną były o 1,3 do 1,6 razy większe, a tylko w roku bardzo korzystnym dla uprawy ziemniaka na wczesny zbiór prawie identyczne jak przy stosowaniu folii perforowanej [58]. Przyczyną różnic w uzyskanych wynikach może być przyjęcie w badaniach prowadzonych na Lubelszczyźnie 3 letniego okresu użytkowania folii perforowanej i 5 letniego okresu użytkowania włókniny.

Efektywność ekonomiczna przyspieszonej produkcji ziemniaków wczesnych pod osłonami zależy od relacji przychodów do poniesionych kosztów. Badania przeprowadzone w rejonie Wrocławia i na Lubelszczyźnie wykazały, że stosowanie osłon daje możliwość znacznego zwiększenia dochodów z produkcji ziemniaków wczesnych [29, 30, 31]. Jednocześnie stwierdzono, że w uprawie pod włókniną zwiększanie obsady roślin do 10 na 1 m² jest ekonomicznie nieuzasadnione. Większą nadwyżkę wartości produkcji nad kosztami osiągnięto w przypadku osłonięcia uprawy włókniną niż folią perforowaną, natomiast stosowanie podwójnej osłony (folia + włóknina) było uzasadnione ekonomicznie tylko w bardzo wczesnym terminie zbioru ziemniaków, po 60 dniach od sadzenia. Stosowanie osłon w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór w środkowo-wschodniej Polsce zapewniało wysoką efektywność ekonomiczną produkcji w latach o chłodnej wiośnie [49, 51, 58]. W warunkach sprzyjających szybkiej wegetacji ziemniaka koszty produkcji 1 kg bulw pod osłonami są większe, co czyni produkcję mniej opłacalną w porównaniu z uprawą bez osłony.

Stosowanie osłon w przyspieszonej produkcji ziemniaków może być wysoce opłacalne, o ile uprawia się właściwie dobrane odmiany [9, 31, 49, 59].

Podsumowanie

O powodzeniu uprawy ziemniaka na wczesny zbiór decyduje nie wczesność sadzenia, a temperatura powietrza i gleby w początkowym okresie wegetacji. W rejonach, gdzie wegetacja rozpoczyna się później, możliwość przyspieszonej uprawy daje stosowanie osłon z tworzyw sztucznych bezpośrednio na obsadzone pole. Stosowanie osłon w celu przyspieszenia zbioru i zwiększenia plonu nie zawsze przynosi wymierne korzyści dla producenta. Zarówno folia polietylenowa perforowana jak i włóknina polipropylenowa stwarzają korzystne warunki przyspieszonego wzrostu i uzyskania plonu dobrej jakości. Efektywność ich stosowania związana jest jednak z odpowiednim doбором materiału na osłonę oraz ustaleniem optymalnego terminu zdjęcia osłon. W dotychczas prowadzonych badaniach określano wpływ stosowania osłon z folii perforowanej lub włókniny na plonowanie ziemniaka we wczesnym terminie zbioru. W badaniach tych mało miejsca poświęca się porównaniu w takich samych warunkach agroklimatycznych wpływu obu tych materiałów na mikroklimat pola, wzrost i rozwój roślin, a w efekcie na wielkość i jakość handlową wczesnego plonu ziemniaka. Bardzo niewiele jest także opracowań dotyczących efektywności ekonomicznej produkcji. Wyniki badań wskazują na zróżnicowaną reakcję odmian na stosowanie osłon. Dlatego konieczne są dalsze badania, szczególnie przy wprowadzaniu do uprawy nowych odmian. Poznanie reakcji bardzo wczesnych i wczesnych odmian na stosowanie osłon da możliwość zmniejszenia ryzyka uprawy ziemniaka na wczesny zbiór w rejonach o mniej korzystnych warunkach termicznych wiosną poprzez właściwy wybór odmiany oraz poprawi efektywność produkcji dzięki zastosowaniu właściwego rodzaju osłony i odpowiednio długiego okresu okrycia roślin. Należy się spodziewać, że dalsze badania nad stosowaniem osłon w uprawie ziemniaka na wczesny zbiór oraz wdrożenie ich wyników do praktyki spowoduje wzrost powierzchni przyspieszonych upraw ziemniaka tam, gdzie wegetacja rozpoczyna się później.

Literatura

- [1] Bizer E. 1994. Frühkartoffelanbau unter Vlies und Folie. *Kartoffelbau* 45(2): 462–466.
- [2] Bizer E. 1997. Ernteverfrühung durch Vliesabdeckung. *Kartoffelbau* 48(1/2): 60–61.
- [3] Chotkowski J., Gaziński B., Rembeza J. 1995. Ocena warunków przyrodniczych uprawy ziemniaka w Polsce. *Post. Nauk. Rol.* 6: 47–57.
- [4] Demmler D. 1998. Vergleich von Folie und Vlies zur Ernteverfrühung in Frühkartoffeln. *Kartoffelbau* 49(12): 429–430.
- [5] Dvořák P., Hamouz K., Čepel J., Pivec J. 2004. The non woven fleece as an implement for acceleration of early potatoes harvest. *Scientia Agric. Bohem.* 35(4): 127–130.
- [6] Dvořák P., Hamouz K. 2006. Influence of row covering in early potatoes using nonwoven textile on tubers quality. IV Konf. Nauk. „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”. AR Wrocław, Szklarska Poręba, 8–11 maja: 129–131.

- [7] Firman D.M., Allen E.J. 1989. Relationship between light interception, ground cover and leaf area index in potatoes. *J. Agric. Sci.* 113: 355–359.
- [8] Grzeškiewicz H. 1995. Uprawa ziemniaków na wczesny zbiór z wykorzystaniem agrowłókniny. XXVIII Sesja Nauk. „Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa”. Inst. Ziemn., Bonin, 9–10 marzec: 135–139.
- [9] Hamouz K., Dvořák P. 2004. Influence of white fleece on the yield formation of early potatoes. Proc. 39th Croatian Symp. on Agroculture, Croatia, 17–22.06.2004: 395–396.
- [10] Hamouz K., Dvořák P., Čepl J., Pivec J. 2005. The effect of polypropylene fleece covering on the yield of early potatoes. *Hort. Sci.* (Prague) 32(2): 56–59.
- [11] Hamouz K., Dvořák P., Šařec O. 2004. Efficiency of white fleece during the cultivation of early potatoes. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 500: 271–276.
- [12] Hamouz K., Lachman J., Dvořák P., Trnková E. 2006. Influence of non-woven fleece on the yield formation of early potatoes. *Plant Soil Environ.* 52(7): 289–294.
- [13] Hamouz K., Rybáček V. 1988. Využití pórofólie u porostů nejranějších brambor. *Rostl. Věr.* 34(10): 1095–1102.
- [14] Jabłońska Ceglarek R., Wadas W. 2005. Effect of nonwoven polypropylene covers on early tuber yield of potato crops. *Plant Soil Environ.* 51(5): 226–231.
- [15] Jenkins P.D. 1993. Factors determining the performance of floating films in early potato production. *Potato Res.* 36: 387.
- [16] Jenkins P.D., Gillison T.C. 1995. Effects of plastic film covers on dry-matter production and early tuber yield in potato crops. *Ann. Appl. Biol.* 127(1): 201–213.
- [17] Kałużewicz A., Knaflowski M. 1997. Wpływ przykrywania włókniną na plonowanie ziemniaka wczesnego w polu i w tunelu foliowym. Konf. Nauk. „Doskonalenie technologii produkcji roślin warzywniczych”. ATR Olsztyn, 24–25 czerwiec: 123–126.
- [18] Kosterna E., Wadas W., Koc G. 2006. Wzrost i rozwój wczesnych odmian ziemniaka w uprawie pod osłonami. *Folia Hort.*, Supplement 1: 247–252.
- [19] Kubiak K., Gaziński B. 1996. Rynek ziemniaków wczesnych w Polsce. *Post. Nauk Rol.* 5: 43–51.
- [20] Lachman J., Hamouz K., Hejtmánková A., Dudjak J., Orsák M., Pivec V. 2003. Effect of white fleece on the selected quality parameters of early potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Plant Soil Environ.* 49(8): 370–377.
- [21] Lutomirska B. 1995. Stosowanie włókniny dla przyspieszenia plonowania ziemniaków. *Ziemn. Pol.* 3: 13–19.
- [22] Lutomirska B. 1995. Przyspieszenie akumulacji plonu handlowego u wczesnych odmian przez stosowanie okryw. XXVIII Sesja Nauk. „Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa”. Inst. Ziemn., Bonin, 9–10 marzec: 49–54.
- [23] Lutomirska B. 2006. Przyspieszanie zbioru ziemniaków bardzo wczesnych. *Ziemn. Pol.* 1: 12–15.
- [24] Lutomirska B., Szutkowska M. 1999. Powierzchnia asymilacyjna i plon wczesny w warunkach zastosowania okryw w uprawie ziemniaków. Konf. Nauk. „Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość”. IHAR O/Jadwisin, 23–25 lutego: 169–171.
- [25] Michaud M.H., Dubé P.A., Bégin S. 1990. Influence of floating row covers on microclimate for production of early potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Am. Potato J.* 67: 565–566.

- [26] Mikos Bielak M., Sawicka B., Rudzińska B. 1999. Azotany i azotyny w bulwach wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 209: 137–147.
- [27] Nelson D.G., Jenkins P.D. 1990. Effects of physiological age and floating plastic film on tuber dry-matter percentage of potatoes, cv. Record. *Potato Res.* 33: 159–169.
- [28] Prośba Białczyk U., Mydlarski M. 1998. Uprawa ziemniaków na wczesny zbiór przy zastosowaniu osłony z agrowłókniny. *Fragm. Agron.* 1(57): 74–84.
- [29] Prośba Białczyk U., Paluch F., Mydlarski M. 1997. Efektywność ekonomiczna produkcji ziemniaka wczesnego przy zastosowaniu agrowłókniny. *Bibl. Fragn. Agron.* 3: 181–188.
- [30] Prośba Białczyk U., Paluch F., Mydlarski M. 2000. Efektywność ekonomiczna produkcji ziemniaków wczesnych pod agrowłókniną przy zróżnicowanej obsadzie. *Konf. Nauk. „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”*. AR Wrocław, Polanica Zdrój, 8–11 maja: 187–188.
- [31] Pszczółkowski P., Harasim A., Sawicka B. 2000/2001. Efektywność ekonomiczna technologii produkcji wczesnego ziemniaka jadalnego przy różnych terminach zbioru. *Rocz. Nauk Rol.*, Ser. G 89(1): 89–99.
- [32] Pszczółkowski P., Sawicka B. 1998. Stosowanie osłon i różnych sposobów pielęgnacji w uprawie wczesnych odmian ziemniaka w aspekcie zdrowotności roślin. *Rocz. AR Pozn.*, CCCVII, Rolnictwo 52: 191–196.
- [33] Pszczółkowski P., Sawicka B. 1999. Plon bulw bardzo wczesnych odmian ziemniaka uprawianych pod agrowłókniną. VIII Ogólnopol. Zjazd Nauk. „Hodowla roślin ogrodnich u progu XXI wieku”. AR Lublin, 4–5 lutego: 31–34.
- [34] Pszczółkowski P., Sawicka B. 2003. Produkcyjność bardzo wczesnych odmian ziemniaka uprawianych pod osłonami. Cz. I. Plon i jego struktura. *Acta Scien. Pol., Agric.* 2(2): 61–72.
- [35] Rekowska E., Orłowski M. 2000. Wpływ metod uprawy na wielkość i jakość plonu ziemniaka wczesnego. *Ann. UMCS, Sectio EEE*, vol. VIII, Suppl.: 129–135.
- [36] Rekowska E., Orłowski M., Słodkowski P. 1999. Wpływ stosowania osłon oraz terminów zbioru na plonowanie ziemniaka wczesnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 466: 181–189.
- [37] Rekowska E., Słodkowski P. 2003. Wpływ stosowania osłon oraz ściółkowania gleby na plonowanie bardzo wczesnych odmian ziemniaka. *Folia Hort.* Supl. 2: 349–351.
- [38] Reust W. 1980. Culture de pommes de terre primeur sous film en matière plastique. *Revue Suisse Agric.* 12(2): 61–64.
- [39] Roztropowicz S., Lutomirska B. 1997. Technologia produkcji ziemniaków na wczesny zbiór. *Technologia – Ekonomika – Marketing*. J. Chotkowskiego (red.), IHAR Oddz. Bonin: 82–99.
- [40] Sawicka B. 1998. Efekty technologiczne i ekonomiczne uprawy wczesnych odmian ziemniaka pod folią polietylenową. *Rocz. AR Poznań, CCCVII, Rolnictwo*, 52: 175–182.
- [41] Sawicka B. 1999. Przyrodniczy i gospodarczy aspekt stosowania osłon w uprawie wczesnych odmian ziemniaka. *Konf. Nauk. „Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości produktów rolnych”*. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa: 135–142.
- [42] Sawicka B. 2000. Wpływ technologii produkcji na jakość bulw ziemniaka. *Pam. Puł.* 120: 391–401.
- [43] Sawicka B., Krochmal-Marczak B. 2005. Wpływ czynników agrometeorologicznych na długość faz rozwojowych bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka. *Acta Agrophys.* 6(1): 225–236.

- [44] Sawicka B., Mikos Bielak M. 2000. Wpływ nawożenia azotem i uprawy pod osłonami na wartość konsumpcyjną bulw ziemniaka. *Konf. Nauk. „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”*. AR Wrocław, Polanica Zdrój, 8–11 maja: 132–133.
- [45] Sawicka B., Pszczółkowski P. 2002. Postęp w technologii uprawy wczesnych odmian ziemniaka pod osłonami. *Pam. Puł.* 130(2): 673–683.
- [46] Sawicka B., Pszczółkowski P. 2005. Dry matter and carbohydrates content in the tubers of very early potato varieties cultivated under coverage. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 4(2): 111–122.
- [47] Stefaniak J., Wanga K., Krzesiński W., Gapiński M. 2005. Wpływ sposobu przyspieszania na plonowanie odmian wczesnych ziemniaka. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, 515, Rolnictwo LXXXVI*: 519–523.
- [48] Taborda M. de L. 1993. Influence of covering methods on early potato yield and earliness. *Potato Res.* 36: 386.
- [49] Wadas W. 2003. Efektywność ekonomiczna produkcji ziemniaka wczesnego pod osłoną z agrowłókniny. *Pam. Puł.* 133: 207–214.
- [50] Wadas W., Jabłońska Ceglarek R., Kosterna E. 2003. Analiza kosztów produkcji ziemniaka wczesnego pod osłoną z agrowłókniny. *Zesz. Nauk. AP Siedlce, 63, Rolnictwo*: 91–97.
- [51] Wadas W., Jabłońska Ceglarek R., Kosterna E. 2003. Opłacalność produkcji ziemniaka wczesnego pod osłoną z agrowłókniny. *Zesz. Nauk. AP Siedlce 63, Rolnictwo*: 99–105.
- [52] Wadas W., Jabłońska Ceglarek R., Kosterna E. 2003. Wpływ stosowania włókniny w uprawie bardzo wczesnych odmian ziemniaka na zawartość wybranych składników w młodych bulwach. *Żywność (Nauka, Technologia, Jakość)* 3(36): 110–118.
- [53] Wadas W., Jabłońska Ceglarek R., Kosterna E. 2005. The nitrates content in early potato tubers depending on growing conditions. *EJPAU, Horticulture* 8(1).
- [54] Wadas W., Jabłońska Ceglarek R., Rosa R. 2001. A possibility of increasing the yield of young potato tubers by using a polypropylene fibre covers. *EJPAU, Horticulture* 4(2).
- [55] Wadas W., Kosterna E. 2005. Zawartość kwasu askorbinowego w młodych bulwach ziemniaka w zależności od warunków wzrostu. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, 515, Rolnictwo, LXXXVI*: 543–549.
- [56] Wadas W., Kosterna E., Sawicki M. 2006. Produkcyjność wczesnych odmian ziemniaka w uprawie pod folią perforowaną i włókniną. *Konf. Nauk. „Przyrodnicze uwarunkowania produkcji roślinnej”*. SGGW, Warszawa, 23–24 czerwca: 283–284.
- [57] Wadas W., Sawicki M. 2005. Ocena opłacalności produkcji ziemniaków wczesnych w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Pam. Puł.* 139: 289–297.
- [58] Wadas W., Sawicki M., Kosterna E. 2006. Koszty produkcji ziemniaków na wczesny zbiór pod folią perforowaną i włókniną. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 417–427.
- [59] Wierzbicka B. 1995. Studia nad przyspieszoną uprawą wczesnych odmian ziemniaka. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., Agricultura* 61, Supp. B: 46 ss.
- [60] Zrůst J., Cepl J. 1991. Dependence of early potato yield on some growth characteristics. *Rostl. Věst.* 37(11): 925–933.
- [61] Zrůst J., Hlušek J., Jůzl M., Přichystalová V. 1999. Relationship between some chosen growth characteristics and yield of very early potato varieties. *Rostl. Věst.* 45(11): 503–509.

Use of plastic covers in potato cultivation for early crop

Key words: early potato, perforated foil, polypropylene fibre, plant growth and development, yield, tuber quality, economic effectiveness

Summary

The paper discussed the influence of perforated foil and polypropylene fibre cover applied in potato cultivation for early crop on plant growth and development, tuber yield and quality, and economic effectiveness of the production. The use of covers makes possible to plant the potatoes early, to force the emergence and further growth and vegetation development, and results in an increase in tuber yield of early potato and the reduction of the yield variability in any years. Higher productive effect of covering is usually obtained at very early date of potato harvest and in the years of cold spring. Considerable increase of tuber yield in cultivation under cover decreases production costs what results in higher production profitability as compared to that without covering. Under condition favorables to accelerated vegetation of potato plants the usage of covers increase production costs and as a result – the production profitability is lower in comparison to cultivation without plant covering. Higher productive effects provides the usage of perforated foil in the years of cold spring.

Forcing of plant vegetation by covering results in an increase of dry matter content in tubers and improved tubers quality, especially by decreased nitrate concentration.

Strawność skrobi kukurydzianej w przewodzie pokarmowym bydła

Ewa Sosin, Juliusz Strzetelski

*Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
Instytut Zootechniki, Balice k. Krakowa
ul. Krakowska 1, 32- 083 Balice
e-mail: sosine@izoo.krakow.pl*

Słowa kluczowe: kukurydza, skrobia, strawność, bydło

Wstęp

Podstawowym warunkiem opłacalności produkcji mleka jest wysoka wydajność krów, a więc hodowla zwierząt o dużym potencjale produkcyjnym. Pełne wykorzystanie możliwości produkcyjnych krów o wysokiej wydajności wymaga pokrycia ich dużych potrzeb energetycznych. Dlatego typowe dawki pokarmowe pobierane przez te krowy zawierają znaczne ilości zboża, a tym samym charakteryzują się dużą koncentracją skrobi. Skrobia jest źródłem energii potrzebnej mikroorganizmom żwacza do syntezy własnego białka, a równocześnie podlegając fermentacji w żwaczu dostarcza lotnych kwasów tłuszczowych, które w około 70–80% pokrywają zapotrzebowanie krowy na energię. Ponadto w procesie glukoneogenezy z kwasu propionowego i trawienia enzymatycznego skrobi w jelicie cienkim, powstaje glukoza będąca głównym źródłem energii w procesach metabolicznych zachodzących w tkankach. Skarmianie dużych ilości zboża zawierającego skrobię szybko fermentującą w żwaczu może spowodować obniżenie pH płynu żwacza, co wpływa niekorzystnie na pobranie suchej masy i produktywność krów oraz może się przyczynić do wystąpienia groźnych chorób na tle metabolicznym. W licznych badaniach [38, 40, 48] stwierdzono obniżone pobranie suchej masy i wydajności mlecznej krów wraz ze wzrostem udziału w dawce pokarmowej skrobi szybko fermentowanej w żwaczu, natomiast w innych doświadczeniach prowadzonych na krowach będących we wczesnej laktacji nie stwierdzono takiej zależności [35, 47]. W doświadczeniach tych skarmiano dawki pokarmowe o różnym składzie paszowym, co mogło mieć wpływ na strawność skrobi, a tym samym na wydajność mleczną krów [42]. Na ogólny bilans glukozy może wpłynąć korzystnie zwiększenie podaży skrobi dobrze trawionej w jelicie

cienkim. Obecnie nie ma wątpliwości, że większa strawność skrobi w całym przewodzie pokarmowym polepsza produktywność krów, ale wciąż brakuje pewności, w którym odcinku przewodu pokarmowego trawienie skrobi jest korzystniejsze [44], a także, jaka jest odpowiednia proporcja pomiędzy skrobią ulegającą rozkładowi w żwaczu a skrobią podlegającą trawieniu w jelicie.

Jedną z najważniejszych roślin pastewnych naszej strefy klimatycznej jest kukurydza, której skrobia, podobnie jak skrobia sorgo, rozkłada się w żwaczu wolniej niż skrobia innych zbóż [53, 73]. Uprawa kukurydzy charakteryzuje się niewielką ilością stosowanych zabiegów chemicznych, co związane jest ze stosunkowo małą podatnością kukurydzy na choroby i szkodniki. Ponadto, kukurydza przy zastosowaniu odpowiedniej obsady i doboru odmiany może być uprawiana na glebach lżejszych i w monokulturze. Według danych GUS w 2005 roku powierzchnia przeznaczona pod uprawę kukurydzy wyniosła 665 000 ha, z czego 339 300 ha przeznaczono na ziarno i 325 700 ha na kiszonkę (www.kukurydza.org.pl/). Ziarno kukurydzy zawiera dużo łatwo strawnych węglowodanów, a mało włókna, co powoduje, że ma najwyższą wartość energetyczną ze wszystkich zbóż uprawianych w Polsce. Zawiera stosunkowo mało białka o niskiej zawartości aminokwasów egzogennych. Tłuszcz kukurydziany jest bogaty w witaminę E i ksantofile, a także, w nienasycone kwasy tłuszczowe. Ziarno kukurydzy w momencie zbioru w warunkach klimatu umiarkowanego zawiera około 30–35% wody, gdyż koniec lata i początek jesieni nie sprzyjają oddawaniu wody i wysychaniu ziarna. Znaczne zwiększenie strawności skrobi w przypadku ziarna kukurydzy i sorgo można uzyskać stosując różnego rodzaju procesy fizyczne. W przypadku innych zbóż procesy te mają znacznie mniejszy wpływ na zwiększenie strawności tego składnika [71].

Wilgotne w momencie zbioru ziarno musi zostać poddane konserwacji przez: suszenie, kiszenie lub dodatek preparatów chemicznych, w przeciwnym razie następuje bardzo szybki rozwój bakterii i pleśni, pojawienie się mikotoksyn, co powoduje, że ziarno nie nadaje się do użytku [62]. Odpowiednie zakonserwowanie ziarna umożliwia lepsze wykorzystanie długości odcinka przewodu trawiennego, w którym skrobia jest trawiona. Wpływ przetwarzania zbóż na trawienie skrobi w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego, jej dostępność i strawność stanowiły przedmiot licznych badań [16, 24, 25, 44, 50, 60, 65].

Trawienie i stopień rozkładu skrobi

Trawienie skrobi zachodzi zarówno w żwaczu jak i w jelicie cienkim i grubym. Fermentacja skrobi w żwaczu i glukoneogeneza są przyczyną dużych strat energii, trawienie skrobi w jelicie cienkim jest energetycznie bardziej wydajne [44, 49], gdyż mniejsze są straty energii na produkcję ciepła i metanu w żwaczu. Najmniej korzystny jest proces trawienia zachodzący w jelicie grubym, gdzie powstała w wyniku rozkładu

skrobi energia jest wydatkowana na budowę białka mikrobiologicznego, które nie podlega trawieniu i jest usuwane wraz z kałem z organizmu. Całkowity rozkład skrobi w przewodzie pokarmowym krów mlecznych wynosi około 90–96%, natomiast 87–99% u bydła rosnącego [50]. Stopień oraz szybkość trawienia skrobi w żwaczu, a co za tym wielkość produkcji LKT, przepływ skrobi do jelita i jej rozkład enzymatyczny w jelicie zależy od stanu fizjologicznego krowy, stopnia adaptacji mikroorganizmów przewodu pokarmowego do paszy, genotypu odmiany, warunków uprawy oraz procesów fizykochemicznych (stopień uwodnienia, żelatynizacja) i mechanicznych (przygotowanie ziarna przed skarmieniem, żucie), jakim zostaje poddane ziarno [9, 27, 28, 52]. Zinn i in. [72] podają, że miejsce trawienia i stopień rozkładu skrobi zależą także od wielu czynników fizycznych, takich jak wilgotność ziarna, rozdrobnienie, sposób jego rozdrobnienia, przebieg i czas fermentacji podczas zakiszania, czas działania pary i ciśnienia na ziarno w zależności od przyjętej metody konserwacji.

Trawienie w żwaczu

Fermentacja skrobi w żwaczu obejmuje dwa etapy. W pierwszym pod wpływem działania amylaz wytwarzanych przez mikroorganizmy żwacza następuje rozkład skrobi do dwucukrów: maltozy i izomaltozy. Maltoza i izomaltoza pod wpływem działania maltaz, 1,6-glukozydaz oraz fosforylaz przetwarzane są w glukozę lub glukozo-1-fosforan. Na zakończenie pierwszego etapu przemian następuje glikoliza, która prowadzi do powstania 2 cząsteczek kwasu pirogronowego. Drugi etap przemian obejmuje powstanie z kwasu pirogronowego lotnych kwasów tłuszczowych głównie: octowego, propionowego i masłowego, które wchłaniane są bezpośrednio do krwi przez ścianę żwacza, czepca lub ksiąg na drodze dyfuzji biernej. Energia pochodząca z fermentacji węglowodanów w żwaczu jest w około 10–15% wykorzystana przez mikroorganizmy żwacza na własne przemiany cukrowców i syntezę polisacharydów bakteryjnych; taka sama ilość energii jest przeznaczana na syntezę białka mikrobiologicznego, 10–12% wynoszą straty w postaci metanu oraz 40–60% zostaje przekształcone w LKT. Kwasy te stanowią główne źródło energii dla przeżuwaczy i w około 70% pokrywają ich zapotrzebowanie energetyczne [4]. Proporcje poszczególnych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych zależą głównie od składu dawki pokarmowej. Według Forbes i in. [18] w dawkach o wysokim udziale ziarna zbóż proporcje te przedstawiają się następująco:

$1 \text{ mol CHO} \rightarrow 0,90 \text{ mol C}_2 + 0,70 \text{ mol C}_3 + 0,20 \text{ mol C}_4 + 0,34 \text{ mol CH}_4 + 4,38 \text{ mol ATP}$,
gdzie: CHO – to węglowodany strawne głównie skrobia; C₂ – kwas octowy;
C₃ – propionowy; C₄ – masłowy oraz CH₄ – metan.

U zwierząt przeżuwających, podobnie jak u monogastrycznych, głównym źródłem energii jest glukoza. U przeżuwaczy jednak ilość glukozy pochodząca z jelitowego trawienia skrobi jest niewielka i nie przekracza 20–30%, a głównym źródłem są procesy glukoneogenezy. Głównym prekursorem glukozy w organizmie przeżuwaczy

cza jest kwas propionowy ulegający przekształceniom w wątrobie. Ponad 50–60% glukozy powstającej w procesie glukoneogenezy pochodzi z przekształceń kwasu propionowego, około 15% z przemian aminokwasów, 20% z kwasu mlekowego i 5% z glicerolu. Huntington [25] podaje, że wartość produkowanej w wątrobie glukozy z kwasu propionowego jest około 25% wyższa u bydła mlecznego niż u bydła mięsnego. Szacowania swoje opiera on jednak na założeniu, że cała ilość dostającego do wątroby kwasu propionowego zostaje wykorzystana do syntezy *de novo* glukozy. Proces glukoneogenezy może zachodzić również w nerkach, aczkolwiek ze względu na niewielką masę narządu ilość wytworzonej glukozy wynosi około 10% produkcji glukozy w wątrobie.

W procesie trawienia skrobi w żwaczu największą rolę odgrywają bakterie, które przylegają do cząstek paszy [37]. Zidentyfikowano około 15 szczepów bakterii oraz 8 enzymów amylolitycznych wydzielanych przez te bakterie [30]. Rola pierwotniaków i grzybów jest nieco mniejsza aczkolwiek równie istotna. U owiec, otrzymujących w dawce kiszone wilgotne ziarno kukurydzy oraz gniecione sorgo, z których żwacza wyeliminowano pierwotniaki odnotowano lepszą strawność skrobi w tym odcinku przewodu pokarmowego [39]. Przypuszcza się, iż strzępki grzybów częściowo uszkadzają tkanki roślinne, a poprzez to ułatwiają bakteriom przyleganie do ich powierzchni [37].

Trawienie w jelicie cienkim i grubym

Skrobia, która nie uległa fermentacji w żwaczu zostaje trawiona w jelicie cienkim i grubym. Glukoza powstająca ze skrobi podlegającej trawieniu w jelicie cienkim wykorzystana jest głównie do pokrycia potrzeb energetycznych przewodu pokarmowego, stąd ilość glukozy wchłanianej w jelitach jest niewielka i sięga zwykle 20–30% zapotrzebowania energetycznego zwierzęcia. Dostępność glukozy dla gruczołu mlekowego jest jedną z najważniejszych cech determinujących sekrecję mleka i zależy od potencjalnej produkcji, a także koncentracji glukozy we krwi. U przeżuwaczy, zatem zwiększenie ilości potencjalnych substratów wykorzystanych w procesie glukoneogenezy i w czasie jelitowego trawienia skrobi powinno zwiększyć koncentrację glukozy w surowicy krwi, a więc wpłynąć także pozytywnie na produkcję mleka. Trawienie skrobi oraz absorpcja powstałej glukozy zależą od kilku czynników: dostępności i aktywności enzymów, wykorzystania glukozy przez organy (takie jak wątroba, śledziona, trzustka) oraz od regulacji produkowanej endogennie glukozy. Zwiększeniu rozkładu skrobi typu „by pass” nie zawsze towarzyszy zwiększenie koncentracji glukozy w surowicy krwi, co może być efektem tego, iż tempo wchłaniania glukozy przez błonę śluzową jelita jest znacznie szybsze niż sama hydroliza skrobi [32]. Wchłanianie glukozy ze światła jelita cienkiego do krwioobiegu odbywa się na drodze transportu aktywnego lub biernego. Glukoza jest przenoszona przez transporter sodowo-glukozowy (SGLT1) zlokalizowany w błonie jelita [25]. W jednym cyklu

transporter przenosi jedną cząsteczkę glukozy oraz dwa kationy Na^+ . Szacowana zdolność SGLT1 do transportu zawiera się przedziale od 50–200 cykli na sekundę [15]. Istnieje duże podobieństwo w strukturze przenośników glukozy między poszczególnymi gatunkami. Badania [12] wykazały, iż istnieje możliwość szybkiej adaptacji organizmu do zmian związanych ze zwiększoną podażą skrobi do jelita. Zdolność do aktywnego transportu glukozy może wzrosnąć dwukrotnie w przeciągu 2–4 dni [25]. W ogólnym bilansie zwiększa się pula glukozy, która zostanie wykorzystana między innymi do syntezy laktozy w gruczole mlekowym.

Zdolność enzymów do hydrolizy skrobi przechodzącej do jelita cienkiego nabiera szczególnego znaczenia, gdy mamy do czynienia z wysokim pobraniem ziarna zbóż, co może prowadzić do znacznego zwiększenia podaży skrobi do jelita cienkiego [44]. Niektórzy autorzy uważają, że od 1–5 kg skrobi może być trawione poza żwaczem [38, 54]. Strawność skrobi w jelicie cienkim bydła mlecznego wynosi 80% i zwiększa się wraz ze wzrostem ilości skrobi przepływającej ze żwacza [32, 49]. Aczkolwiek wzrost podaży skrobi do jelita może wpłynąć negatywnie na efektywność wykorzystania skrobi [44]. Huntington i in. [26] podają, że strawność skrobi w jelicie cienkim maleje z 80 do 34% wraz ze wzrostem ilości skrobi z 0,2 do 2 $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ przechodzącej ze żwacza do jelita cienkiego. Przy stosunkowo niewielkim stopniu rozkładu skrobi w żwaczu i dużym dopływie do jelita cienkiego ($>1,5$ kg) strawność skrobi wyraźnie spada do około 50%, co równocześnie wiąże się z przejściem niestrawionej skrobi do jelita grubego. Skrobia znajdująca się w jelicie grubym podlega fermentacji bakteryjnej, a to powoduje obniżenie pH kału ($<6,0$) [17]. Efektem zastosowania nieprawidłowych proporcji pomiędzy ilością skrobi podlegającej trawieniu w żwaczu i jelicie są straty wynikające już nie tylko z produkcji metanu i ciepła w żwaczu, ale także związane z białkiem bakteryjnym usuwanym wraz z kałem; co obniża dostępną pulę energii potrzebną do syntezy białka mikrobiologicznego w żwaczu.

Czynniki wpływające na trawienie skrobi

Całe ziarno z nienaruszoną okrywą nasienną jest odporne na działanie enzymów bakteryjnych, a więc i trawienie skrobi. Odwrotnie jest z ziarnem poddanym działaniu kombinacji różnych czynników: ciepła, wilgoci, procesów mechanicznych i czasu ich działania. Procesy te powodują wzrost strawności skrobi poprzez zwiększenie powierzchni dostępu bakterii do granul skrobiowych [25]. Zniszczeniu ulega zwykle struktura krystaliczna ziaren skrobiowych i matrix białkowa otaczająca granule skrobiowe, co w konsekwencji zwiększa dostępność skrobi dla enzymów bakteryjnych [25, 30, 52, 55]. Owens i Zinn [50], na podstawie około 49 różnych publikacji dotyczących wpływu przetwarzania i sposobu rozdrobnienia ziarna kukurydzy na strawność skrobi w przewodzie pokarmowym bydła mlecznego i rosącego, stwierdzili, że stopień fermentacji skrobi kukurydzianej dla krów mlecznych jest niższy niż

dla opasów, co prawdopodobnie jest wynikiem szybszego przepływu treści pokarmowej ze żwacza związanego ze zwiększonym pobraniem suchej masy oraz około pięciokrotnie większym otworem czepcowo-księgowym. Rozkład skrobi wypływającej ze żwacza jest podobny dla obu grup użytkowych i prawdopodobnie wynika z oddziaływania podobnych czynników ograniczających trawienie skrobi „by pass”. Z przedstawionych przez autorów danych wynika również, że ilość skrobi podlegającej trawieniu poza żwaczem w odniesieniu do ilości skrobi trawionej w całym przewodzie pokarmowym dla bydła mlecznego była znacznie większa, jeśli zastosowano płatkowane lub wilgotne kiszane ziarno kukurydzy.

Skład dawki pokarmowej, pobranie paszy i przepływ treści pokarmowej

Skład dawki pokarmowej, wielkość pobrania paszy, a także czas wypływu treści pokarmowej ze żwacza mają wpływ na miejsce i stopień trawienia skrobi w przewodzie pokarmowym. Zwiększona koncentracja białka w dawce pokarmowej obniża rozkład skrobi w żwaczu krów mlecznych na korzyść rozkładu w jelicie cienkim. Zwiększenie ilości przepływającej do jelita skrobi wpływa ujemnie na aktywność oraz wydzielanie przez trzustkę α -amylazy [31, 68], natomiast dochodzące do jelita w odpowiednich proporcjach skrobia i białko mogą zwiększać sekrecję tego enzymu [57, 58, 69]. Richards i in. [58] odnotowali liniowy wzrost strawności skrobi w jelicie cienkim wraz ze wzrostem ilości przepływającej do dwunastnicy kazeiny. W grupie, w której wlew kazeiny do trawieńca wynosił $200 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ odnotowano wzrost strawności skrobi w jelicie cienkim o około 30% w porównaniu z grupą kontrolną (z $744 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ do $970 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$). W badaniach tych nie wykazano wzrostu strawności masy organicznej, skrobi ani białka w jelicie grubym. Okine i Kennelly [46] podają, że większa koncentracja białka w dawce stymuluje aktywność cholecystokininy (pankreozyminy) wydzielanej przez komórki błony śluzowej dwunastnicy i jelita czczego. Pankreozymina wpływa pozytywnie na wydzielanie amylazy przez trzustkę, gdyż pobudza sekrecję żółci i soku trzustkowego. Ilość wytwarzanej przez trzustkę amylazy trzustkowej jest u bydła ograniczona, co może hamować trawienie skrobi, a tym samym absorpcję glukozy do krwi [23, 25, 63]. Infuzja glukozy lub częściowo zhydrolizowanej skrobi do trawieńca powoduje zwiększenie ilości soku trzustkowego, natomiast obniżenie aktywności wydzielanej α -amylazy [63].

Duża zawartość NDF w dawce ogranicza trawienie skrobi w całym przewodzie pokarmowym, zarówno w żwaczu jak i w jelicie cienkim, aczkolwiek zwiększone podawanie pasz włóknistych powoduje przesunięcie trawienia skrobi ze żwacza do jelita [50].

Jak podają Owens i Zinn [50] wielkość pobrania suchej masy (na 100 kg masy ciała) nie ma większego wpływu na rozkład skrobi w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego, chociaż zwiększone pobranie suchej masy może zwiększać ilość skrobi przechodzącej ze żwacza i podlegającej trawieniu w jelicie cienkim.

Genotyp rośliny

Liczne badania [2, 8, 51, 52, 53, 65] wykazały różny wpływ kukurydzy o odmien-nych genotypach na miejsce i szybkość trawienia skrobi w przewodzie pokarmowym. Istotne różnice, mające wpływ na trawienie skrobi, zaobserwowano porównując ziarna kukurydzy odmiany końskiego zębu (dent) i typu szklistego flint. Odmiana dent kukurydzy charakteryzuje się mniejszą zawartością bielma szklistego otaczającego bielmo mączyste, dzięki czemu rozkład bakteryjny jest w mniejszym stopniu ograniczony. Odmiana ta odznacza się o około 10–30% większą strawnością od odmiany typu flint, w której przeważa bielmo szkliste o granulach skrobi osadzonych ściśle w gęstej „matrix” białkowej [30, 36]. Należy podkreślić, że zawartość bielma szklistego wzrasta wraz z kolejnym stadium dojrzałości ziarna, co równocześnie ma ujemny wpływ na rozkład skrobi w żwaczu [51]. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Philippeau i Michalet-Doreau [52] rozkład w żwaczu skrobi ziarna kukurydzy o genotypie dent wynosił 72,3%, natomiast ziarna odmiany flint 61,6%, co w rezultacie daje różnicę 10,7%. Tak duża różnica wynikała z zawartości frakcji skrobi szybko rozkładalnej w żwaczu, której zawartość dla odmian dent i flint wynosi odpowiednio 34,8 i 9,9%. Ladely i in. [33], porównując 10 odmian kukurydzy różniących się współczynnikiem rozkładu skrobi w warunkach *in vitro* skarmianych w postaci ziarna suchego gniecionego lub wilgotnego kiszzonego, stwierdzili, że te same odmiany kukurydzy w zależności od sposobu ich przygotowania wykazywały odmienny wpływ na pobranie SM, dzienne przyrosty oraz wykorzystanie paszy. Odmiany kukurydzy zawierające zwiększone ilości lizyny charakteryzują się większą strawnością w porównaniu z odmianami niskolizynowymi. Ladely i in. [34] w badaniach *in vivo* wykazali, że strawność skrobi odmian o wysokiej zawartości lizyny była wyższa zarówno w żwaczu ($P = 0,28$) jak i w jelicie cienkim ($P = 0,18$), a także w całym przewodzie pokarmowym ($P < 0,10$), podobne wyniki uzyskano w badaniach *in vitro*. Autorzy podkreślili, że lepsze wykorzystanie paszy jest związane przede wszystkim z efektywniejszym wykorzystaniem skrobi, natomiast nie było efektem zwiększonej zawartości lizyny, gdyż zarówno źródło białka jak i jego poziom nie miały wpływu na wyniki wzrostowe. Podobnie Dado i in. [11], porównując siedem wysokolizynowych odmian kukurydzy z jedną standardową odmianą w stadium dojrzałości „black layer” oraz pięć odmian wysokolizynowych z pięcioma odmianami standardowymi w stadium dojrzałości pełnej, stwierdzili zwiększony rozkład skrobi w żwaczu w badaniach *in situ* dla wszystkich odmian wysokolizynowych. Jak podaje Huntington [25] odmiany niewoskowe charakteryzujące się tym, iż zawierają mało amylopektyn, są znacznie wolniej trawione niż woskowe odmiany kukurydzy i sorgo.

Budowa ziarniaka

Okrywa nasienna (perikarp) chroni nasiona przed wilgocią, insektami i grzybami, ale przed skarmieniem musi ulec częściowemu uszkodzeniu, tak aby enzymy trawiące mogły wnikać do wnętrza ziarniaka i strawić skrobię. Okrywa nasienna

stanowi zaledwie 4,7% masy całego ziarna, lecz zawiera blisko połowę całej ilości NDF jaka występuje w ziarnie. Perikarp przylega ściśle do bielma nawet po wysuszeniu ziarna, a to może wpływać ograniczająco na trawienie skrobi. Działanie pary i płątkowanie lub kiszenie ziarna może osłabić powiązanie perikarpu z bielmem, lecz nie jest w stanie zupełnie wyeliminować negatywnego wpływu NDF na stopień trawienia skrobi.

Zarodek jest stosunkowo duży (stosunek jego objętości do objętości całego ziarna wynosi 1–4,7) i zawiera około 64–70% tłuszczu. Bakterie żwaczowe nie wykorzystują tłuszczu jako źródła energii, dlatego ilość białka mikrobiologicznego ulega obniżeniu wraz ze zwiększającą się masą, a więc i zawartością zarodka. Ponadto im większy zarodek tym ziarno zawiera więcej popiołu i NDF.

Bielmo. Wyróżnia się bielmo szkliste i mączyste; przyjmuje się, że strawność bielma mączystego jest większa od strawności bielma szklanego.

Amyloza. Zawartość amylozy w kukurydzy i innych zbożach jest porównywalna i wynosi średnio około 25–27,4% [19]. Im wyższa zawartość amylozy w ziarnie tym większa jest oporność skrobi na trawienie [5] oraz większy przepływ skrobi do jelita grubego i w związku z tym większe straty energii. Odmiany flint kukurydzy zawierają około 4–9% więcej amylozy niż odmiany typu dent. Stosunek amylozy do amylopektyny wzrasta wraz z dojrzałością ziarna, ale jest zależny od temperatury panującej w okresie wzrostu rośliny.

Oporność skrobi na trawienie. Granule skrobiowe poddane działaniu ciepła bądź wilgoci pęcznieją i przybierają formę żelu w procesie zwanym żelatynizacją. W wyniku przedłużonego działania temperatury następuje uszkodzenie struktury skrobi i traci ona zdolność do żelowania, a tym samym staje się oporna na działanie enzymów trawiennych [61]. Z badań *in vitro* przeprowadzonych przez Prestona i in. [55] nad strawnością skrobi sorgo wynika, że zwiększenie strawności skrobi jest powiązane z ilością skrobi, która uległa żelatynizacji. Dostępność skrobi nie ulegała wzrostowi, kiedy to ilość zżelatynizowanej skrobi była większa niż 60%. Jedne z ostatnich badań [64] dowodzą, że oporność skrobi na trawienie może być wynikiem nie tylko wysokiej zawartości amylozy, ale także wielkości granул skrobiowych i ich budowy. W badaniach tych stwierdzono, iż skrobia o wysokiej zawartości amylozy (32%) miała niski wskaźnik oporności dzięki temu, że była zbudowana z dużych granул.

Metody konserwacji i rozdrobnienia

Wartość pokarmowa ziarna kukurydzy zależy od postaci fizycznej i metody konserwacji (tab. 1). Według Knowlton i in. [29] wartość energetyczna zakiszonego ziarna kukurydzy (70% s.m.) wynosi średnio 2,29 Mcal ENL (1,34 JPM · kg⁻¹ s.m.) i jest o około 15% większa od wartości energetycznej ziarna suchego (powyżej 85% s.m.). Wzrost ten wynika przede wszystkim z mniejszych strat energii w kale, a tym samym większej retencji energii w mleku i w tkankach. W porównaniu z suchym ziarnem kiszane ziarno jest relatywnie lepiej trawione w całym przewodzie pokarmowym,

straty energii są mniejsze i ma zazwyczaj wyższą wartość energetyczną [1, 13, 46, 70]. Kiszone wilgotne ziarno kukurydzy w większym stopniu jest rozkładane w żwaczu, a tym samym mniej skrobi przepływa do dwunastnicy i jelita cienkiego. Równocześnie jednak jest ono lepiej trawione w jelicie cienkim niż skrobia z suchego ziarna, co w konsekwencji polepsza trawienie skrobi w całym przewodzie pokarmowym [50]. W jelicie grubym mniej skrobi podlega trawieniu i mniej jest syntetyzowanego białka mikroorganizmów, które nie podlega trawieniu i jest wydalane z organizmu wraz z kałem.

Wyniki badań uzyskane przez Archibeque i in. [3] wskazują, że skarmianie kiszzonego wilgotnego ziarna kukurydzy spowodowało – w porównaniu ze skarmianiem suchego gniecionego ziarna – zmniejszenie ($P < 0.01$) wydalanej wraz z kałem skrobi z $448 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ do $292 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$. Zastosowanie przeto wilgotnego kiszzonego ziarna kukurydzy może ograniczać straty energii. Przeciętnie przyjmuje się, że wilgotne ziarno kukurydzy jest o około 9% lepiej trawione w całym przewodzie pokarmowym niż ziarno suche [67, 70].

Tabela 1. Zawartość składników pokarmowych w suchym i wilgotnym ziarnie kukurydzy [% suchej masy] (NRC, 2001)

Wyszczególnienie	Suche ziarno śrutowane	Wilgotne ziarno	
		śrutowane	gniecione
Sucha masa	88,1	71,8	71,8
Białko ogólne	9,4	9,2	9,2
Tłuszcz surowy	4,2	4,3	4,3
NDF	9,5	10,3	10,3
ADF	3,4	3,6	3,6
Lignina	0,9	0,9	0,9
Popiół	1,5	1,5	1,5

Philippeau i Michalet-Doreau [52] żywiąc krowy kiszonym ziarnem kukurydzy uzyskali o około 5,6% większy rozkład suchej masy i 5,9% większy rozkład skrobi w żwaczu niż wypadku żywienia suchym ziarnem (powyżej 85% s.m.). Podobne wyniki otrzymali Knowlton i in. [27] w badaniach *in vitro* i *in vivo*, Evans i in. [14], Galyean i in. [21] w badaniach *in situ*. Jak podają Owens i Zinn [50] strawność skrobi „by pass” dla kiszzonego wilgotnego ziarna kukurydzy wynosi 84%, natomiast dla suchego ziarna kukurydzy zaledwie 29%. Tak niewielki procent rozkładu skrobi z całego suchego ziarna kukurydzy dowodzi, że tak duże cząstki pokarmowe podlegają niewielkiemu rozkładowi w jelicie cienkim. Przypuszcza się, że lepsze trawienie skrobi z wilgotnego ziarna w jelicie cienkim może zwiększać wchłanianie glukozy zarówno u dorosłych zwierząt jak i u cieląt.

Rozdrobnienie ziarna kukurydzy ma korzystny wpływ na strawność skrobi w żwaczu, zwiększa dostępność enzymów trawiennych [49]. Tyrrel i Varga [67] stwierdzili wzrost strawności skrobi z 45% do 65% w żwaczu wraz ze wzrostem rozdrobnienia ziarna kukurydzy od 4,31 do 0,69 mm. Podobne wyniki uzyskano również innych badaniach [6, 7, 20, 56, 66]. Śrutując lub poddając gnieceniu ziarno kukurydzy można zwiększyć jego strawność w przewodzie pokarmowym o około 25% [42]. Rozdrabniając ziarno należy uwzględnić zarówno wilgotność ziarna, jak i system zadawania pasz (system tradycyjny lub TMR). Grant [22] podaje, że przy wilgotności ziarna 25–30% ilość cząstek nieprzechodzących przez sita o średnicy oczek 4,5 mm powinna stanowić 25–30%, natomiast ilość cząstek najmniejszych (0,45 mm) około 5–15%. Większa wilgotność ziarna i większe jego rozdrobnienie, a także procesy fermentacyjne zachodzące w silosie zwiększają szybkość fermentacji skrobi w żwaczu. Pełnoskładnikowa dawka pokarmowa (TMR) może zawierać rozdrobnione ziarno, ale rozmiar cząstek powinien być dobierany zależnie od wilgotności ziarna (przy większej wilgotności mniejsze rozdrobnienie), rodzaju i struktury paszy objętościowej oraz innych skrobiowych składników dawki. W systemie tradycyjnym, uwzględniającym skarmianie paszy objętościowej i treściwej oddzielnie, zarówno w przypadku ziarna suchego jak i wilgotnego, również nie zaleca się stosowania dużego rozdrobnienia. W przypadku ziarna suchego pylistość paszy powoduje, że zwierzęta niechętnie ją pobierają natomiast w przypadku wilgotnego ziarna zbyt gwałtowny rozkład skrobi w żwaczu może być przyczyną zakwaszenia żwacza. W obydwu przypadkach następuje obniżenie pobrania paszy przez krowy. Nie tylko rozdrobnienie paszy treściwej, ale także rodzaj i wielkość cząstek paszy objętościowej powodują zmiany strawności skrobi ze względu na odmienne właściwości buforujące płyn żwacza i różny czas przeżuwania paszy. Ponadto źródło i struktura paszy objętościowej (zawartość włókna) mają wpływ na czas przepływu treści pokarmowej ze żwacza do jelita cienkiego.

Podsumowanie

Pasze zbożowe wchodzące w skład dawek pokarmowych przeznaczonych dla wysokowydajnych krów mają dużą zawartość skrobi. Trawienie skrobi w żwaczu, jelicie cienkim i jelicie grubym zależy od genotypu zboża, postaci fizycznej ziarna i jego budowy, składu dawki pokarmowej, a także wielu czynników związanych z fizjologią zwierzęcia. Rozkład skrobi kukurydzianej jest – w porównaniu z rozkładem innych zbóż – mniej gwałtowny. Odmiany kukurydzy typu dent, woskowe oraz wysokolizynowe charakteryzują się większą strawnością niż pozostałe. Forma skarmiania ziarna kukurydzy, tzn. jego rozdrobnienie, a także sposób konserwacji i budowa ziarniaka, mogą mieć istotny wpływ na strawność skrobi w całym przewodzie pokarmowym i w poszczególnych jego odcinkach. Skrobia zawarta w wilgotnym

kiszonym ziarnie podlega szybkiemu trawieniu w żwaczu i jelicie cienkim, mniejsza jej ilość przechodzi do jelita grubego, dzięki czemu straty energii są nieznaczne. Można uznać, że wartość energetyczna kiszzonego ziarna kukurydzy jest o około 15% większa niż ziarna suchego. Zwiększony rozkład skrobi kukurydzianej w jelicie cienkim, ze względu na ograniczenie strat energii na produkcję ciepła i metanu, jest korzystniejszy niż fermentacja w żwaczu lub w jelicie grubym. Efektem stosowania nieprawidłowych proporcji pomiędzy ilością skrobi podlegającej trawieniu w żwaczu i jelicie, są straty wynikające z obniżenia dostępnej puli energii potrzebnej do syntezy białka mikrobiologicznego w żwaczu. Rozdrobnienie ziarna kukurydzy ma korzystny wpływ na strawność skrobi w żwaczu. Rozdrabniając ziarno należy uwzględnić zarówno wilgotność ziarna, jak i system zadawania pasz. W systemie TMR można stosować rozdrobnione ziarno kukurydzy, ale rozmiar cząstek powinien być dobierany zależnie od wilgotności ziarna (przy większej wilgotności mniejsze rozdrobnienie), rodzaju i struktury paszy objętościowej oraz obecności innych skrobiowych składników dawki. Przy stosowaniu tradycyjnego systemu ziarno nie powinno być za bardzo rozdrobnione ze względu na pylistość paszy. Ilość wytwarzanej przez trzustkę amylazy może być ograniczona, a więc dostępność enzymu może być czynnikiem limitującym strawność skrobi w jelicie cienkim.

Literatura

- [1] Aldrich J.M., Muller L.D., Varga C.A., Griel L.C. 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 1091–1105.
- [2] Andrae J.G., Hunt C.W., Duckett S.K., Kennington L.R., Feng P., Owens F.N., Soderlund S. 2000. Effect of high-oil corn on growth performance, diet digestibility, and energy content of finishing diets fed to beef cattle. *J. Anim. Sci.* 78: 2257–2262.
- [3] Archibeque S.L., Miller D.N., Freetly H.C., Ferrell C.L. 2006. Feeding high-moisture corn instead of dry-rolled corn reduces odorous compound production in manure of finishing beef cattle without decreasing performance. *J. Anim. Sci.* 84: 1767–1777.
- [4] Bergman E.N. 1973. Glucose metabolism in ruminants as related to hypoglycemia and ketosis. *Cornell Veterinarian* 63: 341–382.
- [5] Berry C.S. 1986. Resistant starch formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during determination of dietary fiber. *J. Cereal Sci.* 4: 301–314.
- [6] Burghardi S.R., Garrett J.E., Goodrich R.D., Meiske J.C. 1990. Effects of dietary calcium, corn particle size, forage source and cattle type on site and extent of digestion in steers. *Can. J. Anim. Sci.* 70: 591–599.
- [7] Ceresnakova Z., Chrenkova M., Kopceková J., Sommer A., Zitnan R. 2005. Effect of maize grain treatment on ruminal fermentation and the site and extent of starch digestion in cows. *J. Anim. Feed Sci.* 14: 79–91.

- [8] Correa C.E.S., Shaver R.D., Pereira M.N., Lauer J.G., Kohn K. 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *J. Anim. Sci.* 85: 3008–3012.
- [9] Crocker L.M., DePeters J., Fadel J.G., Perez-Monti H., Taylor S.J., Wyckoff J.A., Zinn R.A. 1998. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. *J. Dairy Sci.* 81: 2394–2407.
- [10] Clark J.H., Croom W.J., Harshbarger K.E. 1975. Feeding value of dry, ensiled and acid treated high moisture corn fed whole or rolled to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 58: 907–921.
- [11] Dado R.G., Beek S.D. 1998. In vitro ruminal starch digestibility in opaque-2 and regular corn hybrids. *Anim. Feed Sci. Tech.* 73: 151–160.
- [12] Diamond J.M., Karasov W.H., Cary C., Enders D., Yung R. 1984. Effect of dietary carbohydrate on monosaccharide uptake by mouse small intestine in vitro. *J. Physiol.* 394: 419–440.
- [13] Ekini C., Broderick G.A. 1997. Effect of processing high moisture ear corn on ruminal fermentation and milk yield. *J. Dairy Sci.* 80: 3298–3307.
- [14] Evans J.L., Colburn M.W. 1967. Disappearance in the rumen of grain dry matter with different physical forms. *J. Dairy Sci.* 50: 394–396.
- [15] Ferraris R.P., Lee P.P., Diamond J.M. 1989. Origin of regional and species differences in intestinal glucose uptake. *Am. J. Physiol.* 257: G689.
- [16] Firkins J.L., Eastridge M.L., St-Pierre N.R., Nofstger S.M. 2001. Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 79: 218–238.
- [17] Flachowski G. 1999. Energiewechsel. Sicherung der glucoseversorgung. Fütterung der 10.000 liter kuh. DLG. Braunschweig: 1–15.
- [18] Forbes J.M., France J. 1993. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. CAB International 9: 193 (pozycja książkowa – 515 stron ogółem)
- [19] Fredriksson H., Siverio J., Andersson R., Eliasson A.C., Aman P. 1999. The influence of amylose and amylopectin characterization on gelatinization and retrogradation properties of different starches. *Carbohydrate Polymers* 35: 119–134.
- [20] Galyean M.L., Wagner D.G., Owens F. 1979. Corn particle size and site and extent of digestion steers. *J. Anim. Sci.* 49: 204–210.
- [21] Galyean M.L., Wagner D.G., Owens F. 1981. Dry matter and starch disappearance of corn and sorghum as influenced by particle size and processing. *J. Dairy Sci.* 64: 1804–1812.
- [22] Grant R. 2004. Processing corn grain for dairy cows. (electronic version) Univ. of Nebraska. Neb Fact Publication, NF99–405: 4 ss. www.ianrpubs.unl.edu/dairy/nf405.htm
- [23] Harmon D.L. 1991. Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. *J. Nutri.* 122: 203–210.
- [24] Harmon D.L., McLeod K.R. 2001. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: Implications and whole body energetics. *J. Anim. Sci.* 79E59–E72.
- [25] Huntington G.B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basic to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75: 852–86.
- [26] Huntington G.B., Harmon D.L., Richard C.J. 2006. Site, rates and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 84 Suppl.: E14–24.

- [27] Knowlton K.F., Glenn B.P., Erdman R.A. 1996. Effect of grain maturity and processing on performance, rumen fermentation and site of starch digestion in early lactation dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 79 (suppl.1): 138 (Abstract).
- [28] Knowlton K.F., Glenn B.P., Erdman R.A. 1998. Performance, ruminal fermentation and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *J. Dairy Sci.* 81: 1972–1984.
- [29] Knowlton K.F., Glenn B.P., Erdman R.A., Wilkerson V.A. 2000. The high moisture advantage: Greater than we thought. *Hoards Dairyman* October 25: 728–733.
- [30] Kotarski S.F., Waniska R.D., Thurn K.K. 1992. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *J. Nutri.* 122: 178–190.
- [31] Kreikemeier K.K., Harmon D.L., Peters J.P., Gross K.L., Armendariz C.K., Krehbiel C.R. 1990. Influence of dietary forage and feed intake on carbohydrase activities and small intestinal morphology of calves. *J. Anim. Sci.* 68: 2916–2929.
- [32] Kreikemeier K.K., Harmon D.L., Brandt R.T., Avery T.B. Jr., Johnson D.E. 1991. Small intestinal starch digestion in steers: Effect of various levels of abomasal glucose, corn starch and corn dextrin infusion on small intestinal disappearance and net glucose absorption. *J. Anim. Sci.* 69: 328–338.
- [33] Ladely S.R., Stock R.A., Goedecken F.K., Huffman R.P. 1995. Effect of corn hybrid and grain processing method on rate of starch disappearance and performance of finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 360–364.
- [34] Ladely S.R., Stock R.A., Klopfenstein T.J., Sindt M.H. 1995. High-lysine corn as a source of protein and energy for finishing calves. *J. Anim. Sci.* 73: 228–235.
- [35] Lykos T., Varga G.A., Casper D. 1997. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80: 3341–3355.
- [36] McAllister T.A., Philippe R.C., Rode L.M., Cheng K.J. 1993. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *J. Anim. Sci.* 71: 205–212.
- [37] McAllister T.A., Bae H.D., Jones G.A., Chung K.J. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.* 72: 3004.
- [38] McCarthy R.D., Klusmeyer T.H., Vicini J.L., Clark J.H., Nelson D.R. 1989. Effect of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72: 2002–2016.
- [39] Mendoza G.A., Britton R.A., Stock R.A. 1993. Influence of ruminal protozoa on site and extent of starch digestion and ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 71: 1572.
- [40] Mitzner K.C., Owen F.G., Grant R.J. 1994. Comparison of sorghum and corn grains in early and midlactation diets for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 1044–1051.
- [41] Mills J.A.N., France J., Dijkstra J. 1999. A review of starch digestion in the lactating dairy cow and proposals for mechanistic model: 2 Post-ruminal starch digestion and small intestinal glucose absorption. *J. Anim. Feed Sci.* 8: 451–481.
- [42] Moe, P.W., Tyrrell H.F., Hooven J. N. 1973. Physical form and energy value of corn grain. *J. Dairy Sci.* 56: 1298–1304.
- [43] NRC, 2001 – Nutrients Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington, D.C.: 249–257.
- [44] Nocek J.E., Tamminga S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield composition. *J. Dairy Sci.* 74: 3598–3629.

- [45] Oba M., Allen M.S. 2003. Effect of corn grain conservation method on ruminal digestion kinetics for lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *J. Dairy Sci.* 86: 184–194.
- [46] Okine E.K., Kennelly J.J. 1994. From fiber to starch: the evolution of the cow. W: *Advances in Dairy Technology*. J.J. Kennelly (red.). Vol. 6: 187.
- [47] Oliveira J.S., Huber J.T., Ben-Ghedalia D., Theurer C.B., Swingle R.S. 1995. Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 1318–1327.
- [48] Overton T.R., Cameron M.R., Elliott J.P., Clark J.H. 1995. Ruminal fermentation and passage of nutrients to the duodenum of lactating cows fed mixture of corn and barley. *J. Dairy Sci.* 78: 1981–1998.
- [49] Owens F.N., Zinn R.A., Kim Y.I. 1986. Limits to starch digestion in the ruminants small intestine. *J. Anim. Sci.* 63: 1634–1648.
- [50] Owens F.N., Zinn R.A. 2005. Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. *Proc. Southwest Nutri. Conf.*: 86–112.
- [51] Philippeau C., Michalet-Doreau B. 1997. Influence of genotype and stage of maturity on rate of ruminal starch degradation. *Anim. Feed Sci. Tech.* 68: 25–35.
- [52] Philippeau C., Michalet-Doreau B. 1998. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. *J. Dairy Sci.* 81: 2178–2184.
- [53] Philippeau C., Le Deschault de Monredon F., Michalet-Doreau B. 1999. Relationship between starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *J. Anim. Sci.* 77: 238–243.
- [54] Plascencia A., Zinn R.A. 1996. Influence of flake density on the feeding value of steam processed corn in diets for lactating cows. *J. Anim. Sci.* 74: 310–316.
- [55] Preston R.L., Brake S.J., Karnezos T.P., Matches A.G., Xiong Y. 1993. Near infrared reflectance and gelatinization as measures of starch availability in steam-flaked sorghum grain. *Texas Tech Univ. Agric. Sci. Tech. Rep.* No. T-5-327: 189.
- [56] Remond D., Cabrera-Estrada, J.I., Champion M., Chauveau B., Coudure R., Poncet C. 2003. Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 87: 1389–1399.
- [57] Richards C.J., Swanson K.C., Bohnert D.W., Lewis S.J., Harmon D.L., Huntington G.B. 1998. Effect of postruminal protein infusion on pancreatic exocrine secretion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 312 (Abstr).
- [58] Richards C.J., Branco A.F., Bohnert D.W., Huntington G., B., Macari M., Harmon D.L. 2002. Intestinal starch disappearance increased in steers abomasally infused with starch and protein. *J. Anim. Sci.* 80: 3361–3368.
- [59] Richards C.J., Swanson K.C., Paton S.J., Harmon D.L., Huntington G.B. 2003. Pancreatic exocrine secretion in steers infused postruminally with casein and cornstarch. *J. Anim. Sci.* 81: 1051–1056.
- [60] Rowe J.B., Choct M., Pethick D.W. 1999. Processing cereal grains for animal feeding. *Aust. J. Agric. Res.* 50:721–736.
- [61] Sajilata M.G., Rekha S. Singhal, Pushpa R. Kulkani. 2006. Comprehensive review in *Food Science and Safety* 5: 1–17.
- [62] Strzetelski J., Niwińska B., Bilik K. 2004. Rola toksyn grzybowych w żywieniu zwierząt gospodarskich. *Wiadomości Zootechniczne* R. XLII 4: 37–46.
- [63] Swanson K.C., Richards C.J., Harmon D.L. 2002. Influence of abomasal infusion of glucose or partially hydrolyzed starch on pancreatic exocrine secretion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 80: 1112–1116.

- [64] Themeier H, Hollmann J., Neese U., Lindhauer M.G. 2005. Structural and morphological factors influencing the quantification of resistant starch in starches of different botanical origin. *Carbohydrate polymers* 61: 72–79.
- [65] Theurer C.B., Huber J.T., Delgado-Elorduy A., Wanderley R. 1999. Invited review: Summary of steam flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1950–1959.
- [66] Turgeon O.A., Brink D.R., Britton R.A. 1983. Corn particle size mixtures, roughage level and starch utilization in finishing steers diets. *J. Anim. Sci.* 57: 739.
- [67] Tyrrel H.F., Varga G.A. 1987. Energy value for lactation of rations containing ground whole ear maize or maize meal both conserved dry or ensiled at high moisture. *Eur. Assoc. Anim. Prod.* 32: 308–309.
- [68] Walker J.A., Harmon D.L. 1995. Influence of ruminal or abomasal starch hydrolysate infusion on pancreatic exocrine secretion and blood glucose and insulin concentrations in steers. *J. Anim. Sci.* 73: 3766–3774.
- [69] Wang X.B., Taniguchi K. 1998. Activity of pancreatic digestive enzyme in sheep given abomasal infusion of starch and casein. *Anim. Sci. Technol.* 69: 870–874.
- [70] Wilkerson V.A., Glen B.P., McLeod K.R. 1997. Energy and nitrogen balance in lactating cows fed diets containing dry or high moisture corn in either rolled or ground form. *J. Dairy Sci.* 80: 2487–2496.
- [71] Zinn R.A. 1993. Influence of processing on the comparative feeding value barley for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 71: 3–10.
- [72] Zinn R.A., Owens F.N., Ware R.A. 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 1145–1156.
- [73] Żebrowska T., Długołęcka Z., Pająk J.J., Korczyński W. 1997. Rumen degradability of concentrate protein, amino acids and starch, and their digestibility in the small intestine of cows. *J. Anim. Feed Sci.* 6: 451–470.

Corn starch digestibility in whole tract of the cattle

Key words: corn, starch, digestion, cattle

Summary

Effects of different factors affecting the digestibility of corn starch were discussed. It was emphasized that corn starch digestibility in whole tract, site and extent may depend on the genotype of plant, especially on amylose content, method of conservation and form of corn grain given to the animals. Moreover, starch digestion in the intestine and whole tract of cows depends on the concentration of protein, NDF content in the diet and starch intake. Starch digestion in the intestine is more energy efficient than the rumen digestion. Through the selection of proper plant variety, processing of corn grain, method of its conservation and diet composition, it is possible to improve the energy balance in dairy cows. It seems that α -amylase secretion in ruminants is limited what may have a negative effect on starch digestion.

Wpływ ceł rolnych na dochody budżetu ogólnego Unii Europejskiej w latach 1971–2004

Dorota Czykier-Wierzba

*Katedra Finansów, Uniwersytet Gdański
ul. Armii Krajowej 101, 81-824 Sopot
e-mail: dwierzba@gnu.univ.gda.pl*

Słowa kluczowe: Unia Europejska, budżet ogólny, cła rolne

Wprowadzenie

Jedną z podstawowych zasad obowiązujących w UE jest zasada solidarności finansowej. Zgodnie z tą zasadą wydatki związane z prowadzeniem polityki rolnej, strukturalnej, regionalnej, konkurencji i in. ponoszą solidarnie wszystkie kraje członkowskie. Źródłem ich finansowania są dochody budżetu ogólnego.

W początkowym okresie funkcjonowania EWG budżet był zasilany w formie wkładów wnoszonych przez poszczególne kraje członkowskie. Podstawowym kryterium określającym procent wkładów wnoszonych do budżetu tej organizacji była relacja produktu globalnego poszczególnych krajów członkowskich do produktu globalnego EWG, a następnie tylko wielkość produktu globalnego tych krajów.

Z czasem wkłady stały się czynnikiem ograniczającym kompetencje finansowe Wspólnoty i ściślejszą integrację. O ich wielkości decydowały bowiem kraje członkowskie, które w ten sposób wywierały wpływ na kierunki i tempo integracji poszczególnych dziedzin działalności w tej organizacji. W związku z tym organy Wspólnoty były uzależnione od finansowych decyzji krajów członkowskich [9].

Autorzy Traktatu Rzymskiego o powołaniu EWG świadomi byli, jak wynika z treści artykułu 201, że pomiędzy interesami krajów członkowskich a interesami Wspólnoty występują sprzeczności. Stąd od początku powstania EWG dyskutowana była kwestia autonomii finansowej tej organizacji.

Po raz pierwszy w Rozporządzeniu Rady z kwietnia 1962 roku, w sprawie zasad finansowania polityki rolnej, przyjęto, że cła z tytułu importu płodów rolnych stanowiąc będą źródło dochodów własnych budżetu EWG. W lipcu 1966 roku wydane

zostało Rozporządzenie Rady Ministrów, w którym ustalono, że 90% wpływów z tych ceł przekazanych zostanie do budżetu EWG, a 10% zostanie przeznaczone dla krajów członkowskich na pokrycie kosztów związanych z ich poborem [20].

Celem artykułu jest przedstawienie roli ceł w kształtowaniu dochodów budżetu ogólnego UE w latach 1971–2004.

Cła ich funkcje i rodzaje

Cła stanowią jedną z najstarszych instytucji finansowych. W literaturze są one różnie definiowane. Dla jednych autorów jest to opłata nakładana przez państwo na towar w momencie przekraczania przez niego granicy danego kraju. Dla innych autorów jest to podatek pobierany na granicy państwa lub unii celnej. Cło można zdefiniować jako przymusowe, nieodpłatne i bezzwrotne świadczenie pieniężne pobierane przez państwo od przywozu, wywozu i przewozu towarów [10]. Różni się więc ono od podatku przedmiotem obciążenia, którym jest wyłącznie towar.

Celem ich stosowania jest wyrównywanie różnicy pomiędzy poziomem cen produktów rolnych i artykułów przemysłowych na rynku danego kraju lub organizacji gospodarczej (np. takiej jak Unia Europejska) i na rynku światowym. Stąd wpływy budżetowe z tytułu opłat rolnych i ceł handlowych zmieniają się wraz ze zmianą cen światowych i wspólnotowych oraz wielkością importu z krajów trzecich.

Cła spełniają różne funkcje. W literaturze wyróżnia się najczęściej jako podstawowe trzy z nich:

- funkcję fiskalną,
- funkcję protekcyjną,
- funkcję cenotwórczą [17, 22].

Zakres i skutki występowania tych funkcji są uzależnione od rodzaju prowadzonej przez państwo lub ugrupowanie (np. takie jak Unia Europejska) polityki handlowej w stosunku do zagranicy. Zatem cła są czułym instrumentem, którym mogą posługiwać się władze publiczne danego kraju lub ugrupowania. Mogą one bowiem wykorzystywać cła jako istotne źródło dochodów publicznych. Aby spełniały one swój cel, ich wysokość nie może być ustalana dowolnie i na dowolny towar. Ustalanie bowiem wysokich stawek przy cłach wwozowych i wywozowych może zniechęcać podmioty gospodarujące do prowadzenia działalności eksportowo-importowej, a konsumentów zmusi do ograniczenia popytu na dane towary. W konsekwencji nastąpi spadek dochodów publicznych uzyskiwanych z tytułu ceł.

Rola cła w funkcji protekcyjnej polega na ochronie gospodarki (rynku krajowego lub rynku ugrupowania) przed towarami zagranicznymi. Ochrona ta przejawia się w tym, że cło podwyższa cenę towaru importowanego na rynku krajowym. Umożliwia to konkurencję towarów krajowych z produktami sprowadza-

nymi z zagranicy. W praktyce oznacza to, że cenotwórcza funkcja cel jest wewnętrznym wyrazem ochrony rynku krajowego.

Najczęściej rządy poszczególnych krajów lub władze ugrupowań integracyjnych stosują politykę protekcjonizmu celnego z powodu dużej skali produkcji, wyższych jej kosztów lub gorszej jej jakości. Ochrona taka może też sprzyjać rozwojowi nowych sektorów gospodarki. Z drugiej jednak strony stosowanie protekcjonizmu może prowadzić do powstania ujemnych skutków zarówno w sferze produkcji jak i konsumpcji.

Konsekwencją tej polityki może być zmonopolizowanie rynku i osiąganie wysokich zysków przez przedsiębiorstwa, których produkcja chroniona jest przed konkurencją zagraniczną. Innym niekorzystnym skutkiem w sferze produkcji może być rozwój mało wydajnych gałęzi przemysłu produkujących artykuły zastępujące dobra importowane. Praktyka wykazuje, że są one z reguły droższe, gorszej jakości i mniej nowoczesne, aniżeli towary importowane. Konsekwencje występowania takiej sytuacji ponosi konsument. Dalsze niekorzystne zjawiska w sferze produkcji, spowodowane stosowaniem protekcjonizmu, wynikają z izolacji rynku wewnętrznego od rynku światowego. Ochrona przed konkurencją towarów importowanych zmniejsza bowiem presję na obniżkę krajowych kosztów produkcji oraz osłabia bodźce do stosowania postępu technicznego i wprowadzania innowacji w produkcji chronionej barierami celnymi [15].

Wykorzystywanie cel w funkcji protekcjonistycznej należy od dawna do problemów kontrowersyjnych. Istota tych kontrowersji tkwi w tym, czy państwo ma ochraniać rynek krajowy, co prowadzi do naruszenia podstaw mechanizmu rynkowego, tj. wolnej konkurencji, czy też otwierać granice dla towarów, usług i kapitału zagranicznego. Te ostatnie działania zmuszają podmioty krajowe do konkurowania z producentami zagranicznymi. W konsekwencji przyczyniają się one do obniżki kosztów wytwarzania, poprawy jakości i użyteczności towarów krajowych.

Po II wojnie światowej prowadzenie polityki protekcjonistycznej staje się coraz trudniejsze. W wyniku bowiem rokowań w ramach 8 rund GATT następował proces znoszenia barier celnych. W związku z tym obecnie podwyższanie cel, pomiędzy krajami należącymi do tej organizacji (obecnie World Trade Organization – WTO), praktycznie nie istnieje, a jeśli następuje, to najczęściej wywołuje także reakcje partnerów handlowych, którzy również podwyższają swoje stawki. Ponadto obecnie, przy coraz powszechniejszym liberalizmie gospodarczym, następuje odwrót od polityki protekcjonistycznej. Powstają organizacje, które znoszą bariery celne (np. kraje należące do Unii Europejskiej).

W praktyce stosowane są różne rodzaje cel. Mogą one dotyczyć zarówno wyrobów importowanych, eksportowanych, jak i będących przedmiotem tranzytu. Najczęściej stosowane są obecnie cła importowe. Cła eksportowe stosowane są głównie przez kraje słabo rozwinięte, w celu zapewnienia dochodów budżetowi państwa.

Przyjmując jako kryterium cel, któremu cło ma służyć wyróżnia się cła fiskalne i ekonomiczne. Te pierwsze ustanawiane są wyłącznie w celu zapewnienia budżetowi

państwa lub organizacji odpowiednich dochodów budżetowych. Z kolei cła ekonomiczne traktowane są jako instrumenty polityki handlowej państwa. W ramach tej grupy ceł mogą być stosowane:

- cła ochronne mające na celu ochronę rynku krajowego;
- cła prohibicyjne lub zaporowe mające na celu wstrzymanie importu określonych towarów;
- cła agrarne chroniące produkcję rolną;
- cła preferencyjne charakteryzujące się niską stawką i stosowane wobec niektórych krajów trzecich (w tym np. stowarzyszonych z Unią) itp. [10].

Ze względu na sposób obliczania stawek celnych rozróżnia się:

- cła od wartości (*ad valorem*), gdy podstawą naliczania cła jest wartość celna towarów;
- cła specyficzne, obliczane od ilości lub wagi towarów celnych;
- cła alternatywne – stawki celne ustala się w procentach od wartości towaru lub kwotowo od ilości lub wagi towarów. Mogą być również stosowane stawki mieszane, które są uzależnione zarówno od ilości, jak i od wartości towarów.

Wpływ ceł na dochody budżetu ogólnego UE w latach 1971–2004

Istotne znaczenie dla określenia źródeł dochodów własnych budżetu EWG miała uchwała Rady Ministrów z 21 kwietnia 1970 roku w sprawie zastąpienia wkładów krajów członkowskich tzw. systemem zasobów własnych (*own resources*) [1]. Zasoby te stanowią kwoty przekazane przez poszczególne kraje Unii w sposób nieodwołalny na cele finansowania wydatków z budżetu ogólnego. Uchwała ta miała na celu zmniejszenie zależności dochodów budżetu ogólnego od wkładów wnoszonych przez kraje członkowskie. W uchwale tej przyjęto, że dochody własne będą pochodzić z następujących źródeł:

- opłat rolnych, które obejmują: cła nakładane na importowane produkty rolne objęte wspólnotową regulacją rynku, pochodzące z krajów trzecich, opłaty cukrowe nakładane na spółki cukrowe z tytułu produkcji i magazynowania cukru oraz izoglukozy;
- ceł handlowych pobieranych na podstawie Wspólnej Taryfy Celnej, wprowadzonej 1 lipca 1968 roku w ramach wspólnej polityki handlowej;
- części wpływów, z wprowadzonego w 1979 roku, podatku od wartości dodanej – VAT w wysokości nie przekraczającej 1% jednolitej podstawy opodatkowania tym podatkiem.

Dwa pierwsze z wymienionych źródeł dochodów określane są w literaturze mianem tradycyjnych zasobów własnych (*traditional own resources – TOR*).

Jednocześnie przyjęto, że w latach 1971–1974 zostaną utrzymane wkłady krajów członkowskich. Wynikało to z konieczności stopniowego przekazywania wpływów

z tytułu ceł na rzecz budżetu ogólnego oraz uzależnione było od postępów w dziedzinie harmonizacji ustawodawstwa podatkowego krajów członkowskich. Pełne wyposażenie budżetu EWG w dochody własne miało nastąpić od stycznia 1975 roku. W rzeczywistości Decyzja Rady z kwietnia 1970 roku była w pełni stosowana dopiero od 1980 roku. Do tego czasu kraje członkowskie w dalszym ciągu wносиły wkłady do budżetu, ale były one coraz mniejsze.

Ekonomiczna istota systemu zasobów własnych jest więc oparta na składce przekazywanej na rzecz budżetu ogólnego na zasadzie automatyzmu. W związku z tym w okresie obowiązywania perspektywy finansowej nie negocjuje się w każdym roku składek poszczególnych państw [17]. Kształtowanie się dochodów własnych budżetu EWG (obecnie Unia Europejska) w latach 1971–2004 przedstawiono w tabeli 1.

Analizując dane zawarte w tabeli 1 i 2 można stwierdzić, że w latach 1971–2004 nastąpiła istotna zmiana w strukturze dochodów budżetu ogólnego EWG/UE. W początkowym okresie, tj. w latach 1971–1979 dochody z tytułu opłat rolnych i ceł handlowych wykazywały tendencję wzrostową (tab. 1). W przypadku ceł handlowych wynikało to, w głównej mierze, ze wzrostu wartości importu do EWG z krajów trzecich oraz zwiększenia liczby krajów członkowskich z sześciu do dziewięciu¹. Jeżeli zaś chodzi o opłaty rolne to obok wymienionych czynnikami wpływającymi na ich wzrost był silny spadek plonów i zbiorów zbóż w EWG oraz spadek cen artykułów rolno-spożywczych na rynkach światowych [17]. W sumie w analizowanych latach z ceł handlowych i opłat rolnych pochodziło 55,6% dochodów budżetu ogólnego EWG (tab. 2). Resztę zaś (tj. 44,4%) stanowiły pozostałe dochody. Obejmowały one bezpośrednie wkłady krajów członkowskich, podatki od wynagrodzeń osób zatrudnionych w instytucjach unijnych, odsetki za zwłokę w przekazywaniu przez kraje członkowskie kwot z tytułu zasobów własnych, kary pobierane przez Komisję Europejską od przedsiębiorstw naruszających, obowiązujące w UE zasady konkurencji, nadwyżki z lat ubiegłych itp.

Tabela 1. Dochody budżetu EWG/Unia Europejska [mld euro] w latach 1971–2004 [2, 8]

Rodzaj dochodów	1971	1979	1989	1993	1999	2004
Opłaty rolne*	0,71	2,14	2,40	1,93	2,15	1,74
Cła handlowe	0,58	5,21	0,31	11,06	11,71	10,66
Podatek VAT	—	4,74	28,97	34,49	31,16	13,58
Czwarte źródło	—	—	5,06	16,52	37,51	69,01
Pozostałe	1,03**	2,82**	0,28	1,68	4,37	6,81
Ogółem	2,33	14,89	46,47	65,67	86,90	101,81

* Od 1 lipca 1995 roku cła rolne zastąpiły zmienne opłaty wyrównawcze z tytułu importu.

** Wkłady krajów członkowskich

¹ W 1973 roku zostały przyjęte do EWG: Dania, Irlandia i Wielka Brytania.

W Perspektywie Finansowej obejmującej lata 1989–1993 struktura dochodów budżetowych zmieniła się². Zlikwidowane zostały bowiem wkłady krajów członkowskich, które miały, jak wspomniano, funkcjonować jedynie w latach 1971–1974. Dochody budżetowe ogółem i z poszczególnych źródeł, z wyjątkiem opłat rolnych, wzrosły. W związku z tym coraz mniejszą rolę w tworzeniu dochodów budżetu ogólnego Wspólnoty odgrywały opłaty rolne i cła handlowe. Spadek udziału dochodów z tytułu cel spowodowany został nie tylko liberalizacją handlu, lecz także wprowadzeniem od 1979 roku nowego źródła dochodów, tj. podatku VAT.

Istotne znaczenie podatku od wartości dodanej jako źródła dochodów budżetowych stanowiło następstwo przeprowadzonej na terenie Wspólnoty harmonizacji tego podatku. Umożliwiło to poszczególnym krajom członkowskim przekazywanie części wpływów z tego tytułu do budżetu ogólnego. W sumie w latach 1989–1993 wpływy z podatku VAT stanowiły wprawdzie najważniejsze źródło dochodów budżetu Wspólnoty, jednak w 1993 roku, w porównaniu z 1989 rokiem, ich udział w ogólnych dochodach budżetu Wspólnoty zmalał. Wynikało to przede wszystkim ze wzrostu znaczenia tzw. czwartego źródła. W dalszym ciągu jednak ponad połowa całości dochodów budżetu ogólnego pochodziła z podatku od wartości dodanej. Następne pod względem udziału były w 1993 roku wpływy z tzw. czwartego źródła i cel handlowych (tab. 2). Podkreślić należy, że od 1979 roku następuje spadek udziału cel w kształtowaniu dochodów budżetu Wspólnoty początkowo na rzecz podatku od wartości dodanej, a następnie tzw. czwartego źródła.

W kolejnej Perspektywie Finansowej, tj. w latach 1994–1999 w dalszym ciągu głównym źródłem dochodów budżetu ogólnego Wspólnoty były, z wyjątkiem lat 1998 i 1999, wpływy z podatku od wartości dodanej – VAT (tab. 2). W latach tych nastąpił jednak spadek wpływów do budżetu z tytułu podatku VAT. Przyczyną była Decyzja Rady z 31 października 1994, podjęta w następstwie postanowienia Rady Europejskiej podjętego na posiedzeniu w Edynburgu w grudniu 1992 roku. Ustalono, że od 1995 roku będzie następowało stopniowe zmniejszanie podstawy, od której naliczana jest, według jednolitej stawki, kwota podatku VAT przekazywana do wspólnego budżetu przez kraje członkowskie (z 55% w 1995 roku do 50% PNB w 1999 roku). W przypadku zaś krajów korzystających z Funduszu Spójności (tj. Grecji, Hiszpanii, Irlandii i Portugalii) obowiązujący poziom tego wskaźnika już od 1995 roku wynosił 50% PNB [4]. Jednocześnie w Decyzji Rady z 31 października 1994 roku zawarty został harmonogram redukcji jednolitej stawki VAT. Przyjęto, że w okresie od 1995 roku do 1999 roku stawka ta zostanie zmniejszona z 1,4 do 1% podstawy VAT.

² W celu określenia roli cel w kształtowaniu dochodów budżetu ogólnego EWG/UE analizą objęto kolejne Perspektywy Finansowe, tj. lata 1989–1993, 1994–1999 i 2000–2006.

Podkreślić należy, że powiązanie wielkości wpłat z tytułu VAT z wielkością PKB danego kraju wiązało się z dążeniem do zmniejszenia zniekształceń faktycznych zdolności płatniczych poszczególnych krajów. Zazwyczaj bowiem w krajach biedniejszych wydatki na konsumpcję stanowią większą część PKB, aniżeli w krajach bogatych. W konsekwencji odprowadzały one z tytułu VAT do budżetu ogólnego środki nie odpowiadające poziomowi ich zamożności. W związku z tym uzależnienie wpłat do budżetu z tytułu VAT od poziomu PKB należy ocenić jako bardziej sprawiedliwe niż sposób pozyskiwania dochodów do budżetu ogólnego w poprzednich latach.

W latach 1994–1999 wzrosła znacznie rola tzw. czwartego źródła w kreowaniu dochodów budżetu Wspólnoty. Jego udział w dochodach budżetu zwiększył się bowiem z 27,5% w 1994 roku do 48,4% w 1999 roku. Jeżeli zaś chodzi o cła handlowe to w latach 1994–1999, podobnie jak w poprzednim okresie, miały one coraz mniejsze znaczenie w tworzeniu dochodów budżetu ogólnego Wspólnoty. Również opłaty rolne odgrywały w tych latach niewielką rolę w kształtowaniu dochodów budżetu UE. W sumie ich udział w tych dochodach zmalał z 19,7% w 1993 roku do 16,0% w 1999 roku.

Spadek znaczenia, zarówno ceł handlowych, jak i opłat rolnych wynikał w tych latach przede wszystkim z postępującej ich redukcji w ramach GATT (obecnie WTO), stanowiących, jak wspomniano, następstwo kolejnych rund negocjacji³.

Podobne efekty dla budżetu spowodowały preferencyjne porozumienia handlowe, o różnym charakterze, zawarte przez Unię z krajami trzecimi, w tym również z Polską. Przewidywały one bowiem stopniowe ograniczanie ceł na towary z tych krajów, a czasami nawet ich zniesienie (np. w przypadku towarów przemysłowych). Dotyczyło to krajów Europy Środkowej i Wschodniej, z którymi Unia zawarła układy o stowarzyszeniu.

W trakcie Perspektywy Finansowej, obejmującej lata 2000–2006, następują podobne zmiany w strukturze dochodów budżetu ogólnego jak w latach poprzednich, (tj. 1994–1999). Wyrazem tych zmian jest spadek udziału ceł i podatku VAT oraz wzrost dochodów uzyskiwanych z tzw. czwartego źródła (tab. 1 i 2).

Spadek udziału ceł w dochodach budżetu ogólnego wynikał z faktu, iż od 2000 roku wysokość składki z tytułu ceł wpłacanej do budżetu ogólnego przez poszczególne kraje członkowskie obniżono z 90% do poziomu 75%. Reszta czyli 25% pozostawiana jest krajowi pobierającemu cło na pokrycie kosztów funkcjonowania administracji celnej [17]. Na znaczne obniżenie udziału VAT w strukturze dochodów budżetu wpłynęła natomiast, jak wspomniano, modyfikacja w zakresie jego obliczania oraz stopniowe obniżanie odsetka podatku VAT przekazywanego przez poszcze-

³ Por. Przykładowo w ramach ostatniej Rundy Urugwajskiej GATT Wspólnota zobowiązała się do obniżenia do 2001 roku stawek na artykuły przemysłowe średnio o 37%, a na artykuły rolne o 36% [8].

gólne kraje do budżetu ogólnego (z 1% w latach 1999–2001 do 0,75% w 2002 i 2003 roku oraz 0,5% w 2004 roku) [4].

Analizując dochody budżetu UE z tytułu ceł nie można też pominąć roli poszczególnych krajów członkowskich w kształtowaniu ich wielkości. Z danych zawartych w tabeli 3 wynika, że w analizowanych latach największa część wpływów z tytułu ceł do budżetu ogólnego UE pochodziła z Niemiec. Na kolejnych miejscach znajdowały się Wielka Brytania, Holandia, Belgia i Włochy. W 2004 roku na te kraje przypadało ponad 70% wpływów z tytułu ceł. W przypadku Holandii wysoki jej udział we wpływach budżetowych z tytułu ceł wynikał ze znacznego importu towarów przez port w Rotterdamie.

Tabela 3. Struktura wpływów budżetowych [%] z tytułu ceł według krajów Wspólnoty w latach 1989–2004 [2, 7]

Kraj	1989	1993	1999	2004
Austria	—	—	1,9	1,47
Belgia	7,0	6,7	8,2	10,67
Dania	2,1	2,1	2,1	2,15
Finlandia	—	—	1,0	0,79
Francja	15,0	12,6	10,2	9,47
Grecja	1,1	1,6	1,2	1,56
Hiszpania	5,9	5,1	5,4	7,97
Holandia	8,7	11,0	11,5	11,49
Irlandia	1,1	1,2	1,7	1,07
Luksemburg	0,1	0,1	0,2	0,10
Niemcy	26,4	30,9	23,3	20,08
Portugalia	1,4	1,2	1,1	1,02
Szwecja	—	—	2,8	2,63
Wielka Brytania	19,5	18,7	21,3	19,22
Włochy	11,7	8,9	13,7	10,32
Ogółem	100,0	100,0	100,0	100,0

Warto, jak sądzę, podkreślić, że nie tylko we wpłatach do budżetu z tytułu ceł największy jest udział Niemiec. Podobna sytuacja występuje również z tytułu wpłat podatku VAT, i czwartego źródła. Według szacunków całkowita wpłata Niemiec do budżetu ogólnego UE wyniosła w 2005 roku 21,31 mld euro. Obok Niemiec do największych płatników należały Francja (13,99 mld euro), Włochy (12,33 mld euro) i Wielka Brytania (8,90 mld euro) [18].

Jeżeli natomiast uwzględnimy się płatności netto do budżetu ogólnego UE dokonywane przez poszczególne kraje członkowskie w relacji do ich dochodu narodowego brutto to w 2003 roku największymi płatnikami były Holandia i Szwecja. Płatności w tych krajach stanowiły odpowiednio 0,43 i 0,35% DNB. W przypadku zaś przeliczenia płatności netto na 1 mieszkańca najbardziej obciążony był w 2003 roku Luksemburg (125,1 euro), a następnie Holandia (120,6 euro) i Szwecja (106,1 euro) [19].

Podsumowanie

Z powyższych rozważań wynika, że w latach 1971–2004 radykalnie zmieniła się struktura dochodów budżetu ogólnego UE. O ile bowiem w początkowym okresie, tj. w latach 1971–1979, najwydajniejszym źródłem dochodów budżetowych były cła to już w latach następnych głównym źródłem dochodów budżetowych stał się podatek VAT. Od 1998 roku natomiast najwięcej dochodów do budżetu dostarcza tzw. czwarte źródło.

Na zmiany struktury dochodów miało wpływ, jak wynika z powyższych, rozważań wiele czynników. Jednym z ważniejszych było dążenie od 1994 roku do bardziej sprawiedliwego rozłożenia ciężarów finansowych pomiędzy kraje członkowskie, uwzględniające ich poziom zamożności oraz zdolności płatnicze. W konsekwencji kraje członkowskie mające wyższy DNB przekazują do budżetu ogólnego UE większą, od pozostałych, kwotę środków.

Jeżeli chodzi o cła jako źródło dochodów budżetu ogólnego UE to w dającej się przewidzieć perspektywie wykazywać będą one tendencję spadkową. Od 2001 roku trwa bowiem kolejna runda rozmów, nazywana powszechnie Rundą Doha, w sprawie porozumienia liberalizującego handel światowy. W wyniku zakończonych w Hongkongu, w grudniu 2005 roku, negocjacji, prowadzonych w ramach tej Rundy, uzgodniono stopniowe obniżenie ceł stosowanych w handlu artykułami przemysłowymi. Niezależnie od tego przyznano najbiedniejszym krajom, bezcłowy i nie ograniczony kontyngentami, dostęp do rynków krajów najbogatszych. Obniżenie barier handlowych ma nastąpić od 2008 roku [21].

Zmiany te należy ocenić pozytywnie. Słabością pozyskiwania dochodów do budżetu ogólnego z tytułu ceł są bowiem wysokie koszty ich poboru. Ponadto z ich poborem wiąże się ryzyko powstania nieprawidłowości, oszustw i nadużyć. Pobieranie ceł i opłat leży bowiem w gestii władz krajowych. Stąd władze te są odpowiedzialne za prawidłowe pozyskiwanie dochodów z tego tytułu. Stwarza to konieczność zapewnienia sprawnego systemu kontroli realizowanej zarówno przez odpowiednie władze w krajach członkowskich, jak i sprawowanej przez instytucje wspólnotowe.

Spadek dochodów uzyskiwanych z ceł oraz systematycznie rosnące wydatki z budżetu ogólnego UE, a także kolejne rozszerzenie tej organizacji o 10 nowych krajów członkowskich, skłoniły Komisję Europejską do podjęcia prac zmierzających

do zreformowania systemu dochodów własnych UE. Niezależnie od tego na decyzję Komisji odnośnie reformy wpłynął również fakt, że obecny system zasobów własnych jest dość często krytykowany z powodu niedostatecznej przejrzystości dla obywateli oraz dużej złożoności. Ponadto, przy istniejącej konstrukcji, nie zapewnia on wystarczającej niezależności finansowej UE.

Podjęte w związku z tym działania mają charakter dwukierunkowy. Dotyczą one z jednej strony zastąpienia obecnych czterech źródeł finansowania budżetu ogólnego i oparcie systemu dochodów budżetu wyłącznie na udziałach w DNB [17].

Niezależnie od tego, podjęte zostały prace dotyczące wykorzystania, obok lub zamiast dotychczasowych, jeszcze innych źródeł dochodów budżetu ogólnego UE. W związku z tym rozważana jest możliwość wprowadzenia jednego bądź kilku podatków, z których wpływy byłyby przeznaczone wyłącznie na tworzenie dochodów budżetu ogólnego [14]. W ten sposób podatnicy mieliby świadomość, że płacone przez nich podatki są przeznaczone na finansowanie Unii. Powinno to przyczynić się do lepszego społecznego zrozumienia unijnych celów i priorytetów.

Podkreślić jednak należy, że ustanowienie wspólnotowego podatku wiązałoby się ściśle przede wszystkim z ewolucją budżetu UE w kierunku budżetu federalnego, a w konsekwencji integracją polityczną. W związku z tym wprowadzenie zmian w sposobie zasilania budżetu ogólnego UE byłoby procesem długotrwałym. Wymagałoby to bowiem udzielenia odpowiedzi na szereg pytań o fundamentalnym charakterze, dotyczącym podziału władzy między Unię, a kraje członkowskie [13].

Literatura

- [1] Beschluss des Rates 21. April 1970. Abl. der EG 1970, nr L. 94.
- [2] The Community Budget: the Facts in Figures, European Commission, Luxembourg 1988: 90, 91, 1993: 82, 1999: 95, 2000: 42, 43.
- [3] Decyzja Rady 85/257 z dnia 7 maja 1985 roku o systemie zasobów własnych Wspólnot Europejskich. (Dz. Urz. 1985, L 128).
- [4] Decyzja Rady 94/728/WE z 31 października 1994 o systemie zasobów własnych Wspólnot Europejskich (Dz. Urz. 1994, L 293).
- [5] Decyzja Rady 2000/597/WE z 29 września 2000 o systemie zasobów własnych Wspólnot Europejskich (Dz. Urz. 2000, L. 253).
- [6] Financial Report 2004, European Union, Luxembourg 2005: 22.
- [7] General Budget of the European Union for the Financial Year 2004, European Commission, Luxembourg 2004: 24.
- [8] Kaliszuk E. 2000. Wspólna polityka handlowa Unii Europejskiej – dostosowania Polski. w: Polska i Unia Europejska. Stan obecny i wyzwania na przyszłość, redakcja U. Płowiec, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa: 108.
- [9] Komar A. 1981. Gospodarka budżetowa Wspólnot Europejskich, PWE, Warszawa–Poznań: 48–62.

- [10] Kosek-Wojnar M., Owsiak S., Surówka K. 1995. Podstawy teorii finansów publicznych. Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków: 101.
- [11] Krakowski J. 2006. Skąd brać pieniądze dla Unii. Rzeczpospolita z dnia 4 maja 2006.
- [12] Oręziak L. 2001. System finansowy Wspólnot Europejskich. w: Unia Europejska. Przygotowania Polski do członkostwa redakcja naukowa i koordynacja E. Kawecka-Wyrzykowska i E. Synowiec, IkiCHZ, Warszawa: 462.
- [13] Oręziak L. 2004. Finanse Unii Europejskiej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 131, 132, 139, 140, 255.
- [14] Oręziak L. 2004. System finansowy Wspólnot Europejskich w: Unia Europejska. Tom I, redakcja naukowa i koordynacja E. Kawecka-Wyrzykowska i E. Synowiec, IkiCHZ, Warszawa: 362–365.
- [15] Pietrewicz M. 1994. Polityka Fiskalna. SGH, Warszawa: 77–88.
- [16] Proczek M. 2003. Dochody i wydatki budżetu ogólnego Wspólnot Europejskich. W: Integracja Europejska w perspektywie XXI wieku. Wyzwania dla Polski. Redakcja naukowa E. Latoszek, Elipsa, Warszawa: 83.
- [17] Owsiak S. 2005. Finanse publiczne. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 769.
- [18] Słojewska A., Bielecki J. 2005. Polska broni europejskiej solidarności. Rzeczpospolita z dnia 10 grudnia 2005.
- [19] Słojewska A. 2005. Zagrożony przywilej Wielkiej Brytanii. Rzeczpospolita z dnia 25 marca.
- [21] Verordnung des Rates 130/66/EWG vom 26 Juli 1966. ABL der EG 1970, L 94.
- [20] Walewska D. 2005. Skromniej niż oczekiwano, ale jednak. Rzeczpospolita z dnia 19 grudnia.
- [22] Ziółkowska W. 2000. Finanse publiczne. Teoria i zastosowanie. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej, Poznań: 143.

The influence of agrarian customs duties on the revenue of general budget in the European Union

Key words: European Union, general budget, agrarian customs duties

Summary

Paper discussed the influence of customs duties on the revenue of the general budget of the European Union within the years 1971–2004. Directions of changes in the revenue structure of the general budget expected in the future were presented in concluding part (section) of the paper.

Oryginalny dorobek polskiej rachunkowości rolniczej w okresie zaborów, stan współczesny i wnioski na przyszłość

Andrzej M. Bernacki

*Katedra Rachunkowości i Bankowości Informatycznej,
Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych
ul. Koszykowa 86, 02-008 Warszawa
e-mail: ambernacki@pjwstk.edu.pl*

Słowa kluczowe: gospodarstwa rodzinne, rachunkowość, zabory,
współczesność

1. Uwagi wstępne

Początki rachunkowości w ogóle, a w tym i rachunkowości rolniczej, mają swoje korzenie w epoce starożytności. Jest sprawą oczywistą, że rachunkowość nie miała wówczas cech ani form rachunkowości w rozumieniu współczesnym. Można jedynie mówić o stojących na realnie wysokim poziomie zapisach ewidencji gospodarczej. Podobne stwierdzenia dotyczą okresu średniowiecza. Jak pisze S. Skrzywan [13] „Bankierzy, kupcy czy właściciele ziemscy, nie mogli polegać na swojej pamięci,” musieli wprowadzać różnorodne zapiski, o charakterze ilościowym i wartościowym w zależności od potrzeb i możliwości ich ewidencji.

Rachunkowość jest nauką historyczną, której rozwój dostosowywano do zmieniających się warunków życia gospodarczego oraz do wymogów, które weryfikowała praktyka, a opisywała teoria. Mimo stosowania wcześniej różnego rodzaju zapisów o charakterze księgowym, trudno było mówić o księgowości lub rachunkowości. Jako bardzo cenne w dziedzinie rachunkowości zostało uznane dzieło zakonnika, z wykształcenia matematyka, Lucia Pacoliego, który w 1494 r. w dziele pt „Zasady arytmetyki, geometrii i proporcji oraz proporcjonalności” (*Summa di Arthmetica, Geometria, Proportioni et Proportionallita*) doprowadził do w pełni zrozumianej i powszechnie akceptowanej definicji rachunkowości.

Początki ewidencji o charakterze księgowym w rolnictwie można odnajdywać już w czasach, w których umiejętność pisania i czytania była na wsi bardzo rzadka.

Zarządcy nieruchomości ziemskich wykonywali nacięcia na laskach, kijach i w ten sposób ewidencjonowali zbiory płodów rolniczych. Wskutek dokonywania tych nacięć, tj. karbów rejestrujących, byli zwani karbowymi. Laski takie można było oglądać jeszcze przed okupacją hitlerowską na Pomorzu w Muzeum Rolnictwa w Wdzydzach.

Mimo relatywnie wczesnego zainteresowania ewidencją księgową w rolnictwie jej rozwój, w porównaniu z ewidencją gospodarczą i księgowością w handlu, przemyśle i innych działach gospodarczych, jest nadal wolniejszy. Stwierdzenie o wolniejszym rozwoju rachunkowości w rolnictwie dotyczy również wielu krajów Europy.

Udokumentowane książki rachunkowe do prowadzenia zapisów księgowych oraz opracowania teoretyczne z tego zakresu w rolnictwie pochodzą z końca wieku XIX. Mimo ówczesnego braku Polski na mapach Europy zainteresowanie, zarówno teoretyków, jak i praktyków, organizacją i ekonomiką gospodarstw rolniczych, a szczególnie rachunkowością, było bardzo duże. Istotne było również i to, że początkowe próby prowadzenia zapisów księgowych w rolnictwie były bardzo silnie związane z doradztwem właścicielom gospodarstw rolniczych. W zaborach rachunkowość w zasadzie rozwijała się w zakresie zbliżonym. Jednak jej rozwój odbywał się w każdym zaborze w nieco odmiennym zakresie. Dlatego rozwój ten będzie przeanalizowany w zaborze pruskim, austrijackim i rosyjskim oddzielnie. Rozwój rachunkowości w czasie zaborów zostanie omówiony w rozdziale 2.

2. Rozwój rachunkowości na terenie Polski w okresie zaborów

W końcu XVIII i na początku XIX wieku brak było Polski na mapie Europy. Wówczas zainteresowanie zarówno teoretyków jak i praktyków organizacją i ekonomiką gospodarstw i przedsiębiorstw rolniczych, a szczególnie rachunkowością, było pod zaborami bardzo duże. Zainteresowanie to w poszczególnych zaborach kształtowało się jednak w sposób zróżnicowany. Początkowe próby prowadzenia rachunkowości wiązały się bardzo silnie z doradztwem właścicielom gospodarstw rolniczych.

Rachunkowość rolnicza w okresie zaborów ma w Polsce bogatą historię. Zachowały się pozostałości dokumentacji w formie dostępnych starodruków w poszczególnych zaborach. Są to publikacje mało lub zupełnie nieznane. Były to publikacje broszurowe i książki do ewidencji zdarzeń gospodarczych. Bardzo istotne jest upublicznienie tego korzystnego, bogatego i mało znanego dorobku rachunkowości rolniczej w okresie zaborów. Publikacje te nie są szczegółowo prezentowane w tym artykule. Omówione one będą w dodatkowej publikacji.

Zabór pruski. Na terenie zaboru pruskiego rodziły się teoretyczne i praktyczne podstawy rachunkowości rolniczej. Początki szeroko rozumianej nauki o gospo-

darstwie rolniczym, w tym i rachunkowości, były związane z zorganizowaniem w dniu 21 listopada 1870 r Szkoły Rolniczej im. Haliny¹ w Żabikowie k. Poznania. Fundatorem oraz jej organizatorem był August hrabia Cieszkowski. Zorganizował tę Szkołę wspólnie z Centralnym Towarzystwem Gospodarczym. Po trzech latach, jesienią 1873 r. Szkoła ta została przemianowana na Wyższą Szkołę Rolniczą im. Haliny w Żabikowie. Likwidacja Wyższej Szkoły Rolniczej nastąpiła już 1 października 1877 roku przez władze pruskie, a konkretnie przez Otto Eduarda Leopolda von Bismarcka-Schönhausena.

Prekursorem, a równocześnie autorem programu oraz dyrektorem² Szkoły w Żabikowie k. Poznania został urodzony w Poznaniu profesor Juliusz Au. W 1876 roku, po likwidacji tej Szkoły, Galicyjski Wydział Krajowy zorganizował Wyższą Szkołę Rolniczą w Dublanach. Juliusz Au był również jej dyrektorem. Pełnił tę funkcję aż do śmierci w dniu 08.09.1888 r.

Profesor Au był zawsze bardzo czynny zawodowo i pełen inicjatyw. Pozwalało mu to na stworzenie wielu Towarzystw Rolniczych i Ekonomicznych. Był bardzo aktywny, prowadził badania naukowe i równocześnie działalność praktyczną. Dużo pisał. W ramach działalności naukowo-badawczej zajmował się rachunkowością. Przygotowywał podręczniki z zakresu teorii rachunkowości, jak również publikacje w celu praktycznego wykorzystywania rachunkowości w rolnictwie. Zmarł bardzo młodo, w wieku 45 lat. Nie zdążył przygotować podręczników i samodzielnie ich opublikować. Pozostawił między innymi w rękopisie ciekawe dzieło dotyczące rachunkowości w rolnictwie. Praca ta, jak pisze profesor Surzycki [18 s. 176–177] „...była jedną z najznakomitszych opracowań w dziedzinie rachunkowości rolniczej. Odnaczała się żywym barwnym stylem, zniwalała czytelnika do bacznej uwagi, jest bowiem bardzo zajmująco napisana z mocnym polemicznym zacięciem.” Natomiast profesor Moszczeński [16 s. 99] stwierdził, że pracę tę należałoby nazwać teorią rachunkowości rolniczej. Mimo upływu tylu lat jest ona w dalszym ciągu aktualna. Profesor Au był zwolennikiem obliczania kosztów własnych produktów zużywanych w gospodarstwie rolniczym. Stwierdzał, że nie istnieją w rolnictwie problemy wyceny produktów nietowarowych.

Pracę profesora Aua wydali pośmiertnie, własnym nakładem, byli studenci Szkół Rolniczych w Żabikowie i Dublanach. Tytuł pracy brzmi: „Nauka rachunkowości do potrzeb gospodarstwa wiejskiego zastosowanej”, Lwów 1889 r.

Bardzo bogaty zbiór w postaci tysięcy książek, broszur itp. o treści ekonomicznej przekazał profesor Au Towarzystwu Bratniej Pomocy, słuchaczom Krajowej Wyższej Szkoły Rolniczej w Dublanach.

¹ Żona fundatora Wyższej Szkoły Rolniczej w Poznaniu Augusta hrabiego Cieszkowskiego.

² Wówczas w Polsce godność rektora uczelni zagwarantowana była jedynie dla uniwersytetów. Szkołami zawodowymi kierowali dyrektorzy.

W drugiej połowie XIX, a w zasadzie pod jego koniec stwierdzamy relatywnie duże zainteresowanie przydatnością rachunkowości w gospodarstwach chłopskich. W tym czasie inspiratorem tego zainteresowania była gazeta „Rolnik Polski”. Redakcja rozpisywała konkursy inspirujące opracowania wariantów rachunkowości dla gospodarstw chłopskich i włościańskich.

Zwolennikiem a równocześnie rolnikiem stwierdzającym konieczność prowadzenia rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych był Jan Kopecki [12]. Już w roku 1907 przedstawił na zebraniu Kółek Rolniczych w Wyrzysku k. Poznania referat, w którym uzasadniał celowość prowadzenia rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych w Polsce. W opublikowanym i zaprezentowanym na zebraniu Kółek Rolniczych w Wyrzysku referacie pt., „Dlaczego i jak powinien gospodarz rachować?” uzasadniał potrzebę prowadzenia ewidencji księgowej. W referacie tym stwierdził między innymi, że: „mało jest pomiędzy nami takich rolników, którzy mogliby liczbami wykazać swój majątek, mieli pewność, ile też ich praca i ich kapitał przynosi zysku”.

Reasumując należy podkreślić merytorycznie głęboki dorobek w zakresie rachunkowości i rolnictwa w zaborze pruskim.

Zabór austriacki. Wyjątkowo ciekawe i merytorycznie aktualne pozostały materiały zawarte w publikacji Józefa Kaweckiego [11], rolnika pt. „Rachunki gospodarskie” z 1912 r.³ Jak we wstępie stwierdza autor „poprzednie dwa wydania zostały przyjęte z dużą życzliwością i rozeszły się w ciągu czterech lat”. Należy z tego wyciągnąć wniosek, że pierwsze, niedostępne obecnie w bibliotekach, wydanie zostało opublikowane w 1908 r. Zostały one wykorzystane praktycznie. Na stronie tytułowej „Rachunków” podana jest informacja, że „Książka zawiera szereg tabel, szczegółowo objaśnionych, służących do prowadzenia rachunkowości w mniejszych gospodarstwach rolnych”.

Prezentowane 3 wydanie, jak stwierdza autor, zostało w sposób zasadniczy zmienione. Składa się z dwóch części. Część pierwsza to właściwa książka przeznaczona do prowadzenia ewidencji księgowej. Część druga natomiast zawiera informacje merytoryczne z aktualną i przydatną wówczas literaturą fachową, ważniejszymi adresami, gdzie należało szukać doradztwa, wykazem miar i wag oraz innymi drobnymi informacjami przydatnymi w prowadzeniu gospodarstwa rolniczego.

Zasadnicza Książka Rachunkowa, część pierwsza, w sposób komunikatywny prezentuje rachunki pieniężne dotyczące wpływów i wydatków oraz stan majątku na początek i na koniec roku gospodarczego. Wartości majątku gospodarstwa podawane są na podstawie szacunku. Na przykład wartość posiadanego konia na początku roku gospodarczego (na podstawie szacunku) wynosiła 50 rubli. W wyniku rocznej

³ Książka została napisana w Kietrzynie w marcu 1912 r. (już jako 3 wydanie). Kietrzyn wówczas był osadą wiejską położoną pod Częstochową. Obecnie miejscowość ta została włączona w obręb miasta Częstochowy. Nie udało się znaleźć potomków autora, ani też wypełnionych książek z tego okresu.

eksploatacji konia, również na podstawie przeprowadzonego szacunku stwierdzono, że na koniec roku koń jest wart jedynie 40 rubli. Podobną wycenę przeprowadzono w odniesieniu do pozostałych zapasów. Na zakończenie roku gospodarczego, porównując wartość początkową i końcową majątku stwierdzono, że przykładowy majątek gospodarstwa powiększył się o 180 rubli. Podobną ocenę przeprowadzono za cały rok prowadząc ewidencję w zakresie rachunku pieniężnego w układzie miesięcznym.

Należy przy tym podkreślić, że rachunek pieniężny z gospodarstwa uwzględniał przychody ziemiopłodów z podziałem na pole i łąki, ogród warzywny, przychody inwentarza żywego z podziałem na bydło mleczne, trzodę chlewną i owce. Oddzielnie rejestrowano przychody z robocizny świadczone na zewnątrz gospodarstwa. Była utworzona oddzielna kolumna dla przychodów pozostałych, np. ze sprzedaży kieratu i młocarni itp. W rejestrze rozchodów ewidencjonowano rozchody na gospodarstwo, w tym nasiona i nawozy sztuczne, koszty maszyn, naprawy narzędzi, zakup pasz, wydatki na zakup inwentarza żywego i najem pracowników. W oddzielnej rubryce rejestrowane były podatki, ubezpieczenia i inne.

W wydatkach oddzielną rubrykę przeznaczono na utrzymanie domu i wydatki osobiste rodziny rolnika. W dochodach i rozchodach były również uwzględnione pożyczki oraz ich spłaty i oprocentowanie. W ten sposób, jak wynika z przykładowych zapisów, prezentowane gospodarstwo uzyskało powiększenie majątku w wysokości 140 rubli, a wydatki w lipcu 54,85 rubli. Była to ewidencja przychodów i wydatków prowadzona za każdy miesiąc oddzielnie. Książka umożliwiała w obliczeniu końcowym roku gospodarczego uwzględnienie zwiększenia lub spadku wartości majątku za cały rok. Uzupełniając różnicę wartości majątku oraz saldo przychodów i wydatków pieniężnych było możliwe dokonanie obliczenia dochodu rolniczego gospodarstwa za miniony rok. W ten sposób rolnik na koniec roku gospodarczego uzyskiwał informację, o ile wzrosła wartość jego majątku oraz jaka jest nadwyżka przychodów nad wydatkami pieniężnymi. Rolnik uzyskiwał też informacje dotyczące wartości jego pracy fizycznej łącznie z wartością pracy zarządczej.

Druga część książki dotyczyła wszelkiego rodzaju informacji dodatkowych, a więc z zakresu prowadzonego doradztwa przez Wydział Kółek Rolniczych przy Centralnym Towarzystwie Rolniczym, zlokalizowanym w Warszawie. Wydział ten wydawał pisma i książki rolnicze, utrzymywał specjalistów oraz nauczycieli różnych działów gospodarstwa. Rolnicy mogli z pomocy doradczych korzystać przyjeżdżając do biura lub zadając pytania listownie. Kółka Rolnicze zajmowały się podnoszeniem efektywności gospodarstw rodzinnych. Prezentowana książka zawiera również informacje dotyczące wydawanych, specjalistycznych książek rolniczych. Z ciekawszych pozycji należy wymienić np. St. Leśniewski, „Jak stosować nawozy sztuczne”, wydanie II; S. Konarski „O siewniku rzędowym” oraz „Wskazówki prawne przy przejęciu własności”. Pozycje książkowe pozwalają stwierdzić, jak szeroki wachlarz problemów zawodowych prezentowała omawiana książka „Rachunki gospodarskie”.

Kolejna istotna część wymienionej książki „Kształcimy się w swoim zawodzie” dotyczyła doksztalcania zawodowego rolników. W tym celu były przygotowywane i reklamowane przewodniki dla kółek i spółek rolniczych, wydawane przez Wydział Kółek Centralnego Wydawnictwa Rolniczego. Publikacje te ukazywały się dla potrzeb drobnych gospodarzy rodzinnych, w celu udzielania porad społecznych, budowlanych, prawnych i innych. Dział ten był przygotowywany przez wybitnych specjalistów z wymienionych i innych dziedzin. Reklamowane i sprzedawane książki, jak stwierdza autor, były przeważnie bardzo tanie. Z tego działu można wymienić również prezentowaną książkę W. Grabskiego „Ekonomia rolnicza gospodarstw mniejszych”. Kolejne ważne dziedziny prezentowane w książce to uprawa roli i roślin, hodowla zwierząt większych i drobnych. Przy inwentaryzacji wspomniano o miarach i wagach. Podano miary rosyjskie oraz bardzo istotne w danym okresie wartości i przeliczenia kopiejek i rubli na złote i grosze.

Reasumując należy podkreślić, że prezentowane 3 wydanie książki pt. „Rachunki gospodarze” było bardzo dobrze dopracowane i praktycznie przydatne dla drobnych właścicieli gospodarstw rodzinnych. Pozwalam sobie przedstawić opinię, że omawiana książka, prawie nie zmieniona, mogłaby być przydatna również obecnie w gospodarstwach rodzinnych w Polsce. Książka ta umożliwiłaby każdemu prowadzącemu rachunkowość rolnikowi stwierdzenie, na ile jest opłacalna praca rolnika i jego rodziny. Na tej podstawie można by obliczyć dochód rolniczy na podstawie uzyskanego wzrostu aktywów oraz nadwyżki pieniężnej. Tego efektu finansowego obecni właściciele gospodarstw rodzinnych nie znają. Potrzebę poznawania corocznie efektów własnej pracy i pracy umysłu podkreślał już w roku 1907 r. na zebraniu Kółek Rolniczych w Wyrzysku k. Poznania cytowany wcześniej rolnik J. Kopecki.

Zabór rosyjski. W zaborze rosyjskim zainteresowanie rachunkowością rolniczą było również duże. Dla tego zaboru „Gazeta Rolnicza” rozpisała konkurs na zgłoszenie opracowania dotyczącego rachunkowości rolniczej. Zostało zgłoszonych 10 opracowań. Zwycięzcą konkursu został oraz pierwszą nagrodę w wysokości 300 rubli otrzymał Jan Rostworowski za „Rachunkowość rolniczą”.

Autor nagrodzonej pracy to urodzony 06.06.1838 roku w Kłoczowie, jedyny syn Juliana i Izabeli z Orsettich – ziemianin, podporucznik w Powstaniu Styczniowym, pisarz, statystyk, działacz Ziemskiego Towarzystwa Kredytowego. Szkołę średnią ukończył z wyróżnieniem w Lublinie. Wyższe studia rolnicze we Francji w Grignon. Po ukończeniu studiów wyższych wrócił do kraju i prowadził własny majątek w Zawodówce, powiat Włodawski. Jak stwierdza, był to majątek nieduży, jak również i dworek. Rostworowski miał talent pisarski, o czym można się przekonać z jego „Wspomnień z roku 1863–1864.” Znakomicie opisywał rozmaite bitwy i potyczki, w których brał udział w czasie powstania.

We wstępie wydanej książki została zaprezentowana następująca informacja: „Podpisani w rozprawie Sędziowie konkursu ogłoszonego w nr 6 „Gazety Rolniczej” z roku 1886 postanowili przyznać nagrodę pracy z dewizą „*Nil conscire sibi*” jako

najbliżej odpowiadającą warunkom konkursu. Autorem jej, po otwarciu koperty, okazał się Jan Rostworowski, Radca Dyrekcji Szczegółowej Towarzystwa Kredytowego Ziemskiego w Siedlcach. Właściciel dóbr w Zawodówce, w powiecie Włodawskim. Jak stwierdzają sędziowie konkursu należy dokonać „... poprawek i zmian jakie za właściwe uznane zostały przez Sędziów konkursu z przybraniem rzeczoznawców, operat Jana Rostworowskiego rekomendujemy do druku. Pozostawiając Autorowi w tym celu rok czasu od dnia dzisiejszego do wydania operatu drukiem.”

Podpisali:

Sędziowie konkursu

Adam Przanowski, Tymoteusz Łuniewski, Józef Jeziorański

Warszawa, dnia 3 Maja 1889 r.

Przedstawiona na konkurs „Rachunkowość rolnicza” została wydana w 1889 r.

Nagrodzona publikacja w zasadzie składa się z dwóch części. Do pierwszej części można zaliczyć przemyślenia autora, które są równocześnie przedmową do poszczególnych prezentowanych w publikacji części ksiąg rachunkowych.

Druga część opracowania ujmuje książki rachunkowe, w których są zawarte wzory liczbowe. Do najciekawszych myśli autora można zaliczyć różnego rodzaju merytorycznie stwierdzenia. W jednym ze stwierdzeń autor pisze: „każde przedsiębiorstwo, każda fabryka rachuje, nam jedynie w rozumieniu ziemianom pozostawiono chyba ostatni przywilej obywatela się bez rachunku.” Autor stwierdza dalej, że np. cukrownia, fabryka tkacka, mogą wykazać koszt wytwarzanego produktu. Warsztat kowalski budujący wóz może podać koszty jego wytworzenia, a więc przekonuje się kowal, jaki na wytworzonym wozie uzyskuje dochód.

Autor opracowania stwierdza dalej, „Czy i jaki dochód daje produkcja rolnicza?”. Taki rachunek zaczyna się od przypuszczeń, a kończy prawdopodobieństwem, bo do jego przeprowadzenia brak jest ziemianom obliczeń rzeczywistych. W dalszym stwierdzeniu autor podaje, że możliwe jest dwojaki rozwiązanie. W pierwszym przypadku ziemianin stwierdza „...iż idzie nam tak dobrze, że nie potrzebujemy rachować albo tak źle, że boimy się rachować w rolnictwie”. Istotne jest również podawanie informacji liczbowych dotyczących przychodów i rozchodów gospodarstwa. Brak jest jednak odpowiedzi w rolnictwie, ile daje nam zysku lub straty całe gospodarstwo lub produkcja jednego produktu. Kolejna informacja dotyczy dodatkowego i oddzielnego prowadzenia wydatków domowych oraz osobistych wydatków właściciela – ziemianina. Istotne powinno być dla ziemianina, czy ponoszone wydatki nie przekraczają czystego dochodu z majątku rolniczego.

Druga część nagrodzonej publikacji dotyczy prowadzenia następujących książek: dziennika kasowego, rachunków wytwarzanych produktów, dziennika czynności, księgi głównej oraz tabel pomocniczych. Tabele pomocnicze są przeznaczone do notowania różnych wpływów i wydatków oraz rozliczenia kosztów ogólnych gospodarstwa. W ostatniej części książki są podane wyniki końcowe dla konkretnego roku gospodarczego. Celem tej części jest sporządzenie bilansu końcowego dla danego

majątku. W rachunku tym jest prezentowany sposób obliczania wyników dla działów głównych i działów ubocznych, np. mleczarni, posiadanego lasu, wydatków właściciela itp. W ostatniej części jest prezentowany budżet na kolejny rok gospodarczy. Zaprezentowana na konkurs „Rachunkowość rolnicza” przygotowywana została przez autora jako oddzielna publikacja.

3. Dalsze etapy rozwoju rachunkowości w rolnictwie

Znaczny i praktyczny rozwój rachunkowości rolniczej oraz doradztwa ekonomiczno-gospodarczego w polskich gospodarstwach rodzinnych rozpoczął się jednak dopiero w czasie II Rzeczypospolitej, a konkretnie w roku 1926. W tym roku powstał Wydział Ekonomiki Drobnych Gospodarstw Wiejskich, Państwowego Instytutu Naukowego Gospodarstw Wiejskich w Puławach. Wydziałem tym kierował profesor Franciszek Bujak. Podstawowym zadaniem tego Wydziału było przeprowadzanie analizy opłacalności gospodarstw chłopskich. W tym celu powołany został w ramach Wydziału, Dział Badań nad Opłacalnością Gospodarstw Wiejskich. Kierownikiem Działu został mgr inż. Jan Curzytek, Absolwent Wydziału Rolnego UJ. Po zatrudnieniu Jana Curzytka w omawianym Dziale, dyrekcja Wydziału skierowała go na studia do Profesora Ernesta Laura w miejscowości Brugg w Szwajcarii. W okresie nieobecności w Polsce Jana Curzytka, omawianym Działem kierował inż. Stanisław Antoniewski, później Profesor SGGW.

Jan Curzytek, w czasie swojego pobytu w Szwajcarii, uczęszczał na wykłady i seminaria prof. E. Laura oraz ukończył kurs praktyczny rachunkowości w Związku Chłopów Szwajcarskich. Pobyt mgr inż. J. Curzytka w Szwajcarii stał się punktem zwrotnym w rachunkowości i rentowności gospodarstw chłopskich w Polsce. Curzytek pracował w omawianym Dziale do swojej przedwczesnej śmierci. Zmarł w wieku 44 lat. Prace badawcze poświęcał głównie opłacalności gospodarstw wiejskich.

Profesor Ernest Laur prowadził równoległe działalność naukową oraz społeczno-gospodarczą w Sekretariacie Rolników Szwajcarskich. Jak stwierdza w swojej autobiografii profesor Ryszard Manteuffel, profesor Laur był nie bez racji nazywany „niekoronowanym królem rolników szwajcarskich”. Można również w literaturze znaleźć opinie dotyczące zaliczania profesora Laura do klasyków ekonomii rolniczej. Posługiwał się w swoich pracach metodą indukcji. Aktywność profesora Laura doprowadziła do tego, że miał na całym świecie swoich uczniów i przyjaciół, w tym również w Stanach Zjednoczonych AP i Japonii oraz w Polsce.

Mgr inż. Ryszard Manteuffel [9] zwiedzał po ukończeniu studiów rolniczych w SGGW jedno z nieco większych od średniej (14,5 ha) gospodarstw rodzinnych prowadzących rachunkowość w Szwajcarii. Gospodarstwo to prowadziło produkcję mleka (3,5 tys litra od krowy) oraz zarodową hodowlę trzody chlewnej, zatrudniało dwóch pracowników najemnych oraz właściciela. Był zaskoczony intensywnością produkcji

zwiedzanego gospodarstwa. Na zakończenie Listu z Brugg R. Manteuffel stwierdził „Coraz częściej przekonuję się, że obszar nie jest żadną miarą porównawczą w rolnictwie”.

Druga Wojna Światowa, a następnie okupacja niemiecka zmieniły w sposób zasadniczy prowadzenie ksiąg rachunkowych, wykorzystywanych w doradztwie ekonomiczno-rolniczym gospodarstw chłopskich. Należy jednak odnotować fakt, że mimo okresu okupacji rachunkowość wzorowana na książkach opracowanych przez profesora Ernesta Laura, była nadal prowadzona w konspiracji przed okupantem.

Po zakończeniu drugiej wojny światowej i w ramach przebudowy systemowej następowały w Polsce zmiany dotyczące koncepcji zarządzania gospodarką narodową. Część Instytutu w Puławach została przeniesiona do Warszawy. Początkowo zorganizowano Instytut Ekonomiki Rolnej, a następnie został on przeorganizowany na Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej. W ostatnim okresie pełna nazwa brzmi: Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy.

W okresie Polski Ludowej rachunkowość nadal była prowadzona na wzorach przygotowanych przez mgr inż. Jana Curzytkę w okresie 20-lecia międzywojennego. W zasadzie książki te były prowadzone bez zasadniczych zmian do 1952 r. We Wprowadzeniu do „70 lat rachunkowości rolnej” [19] stwierdza się, że „nieco zmienionym zadaniem prowadzonej od 1952 r. rachunkowości było ustalanie kondycji ekonomicznej gospodarstw indywidualnych w Polsce. Dokonano zmian dotyczących zamykania ksiąg rachunkowych. Zachowany został jednak dawny system rachunkowości pojedynczej oraz oddzielenie ewidencji gospodarstwa rolniczego od gospodarstwa rolnika i jego rodziny. Zmiany te zostały podyktowane wprowadzeniem gospodarki centralnie sterowanej. Uwzględniono również zmianę nazewnictwa, wykorzystując nazwę gospodarstwo biedniaków i gospodarstwo kułaków.

W roku 1972 stworzono bazę danych zarządzanych przez komputer. Dokonano zmiany liczby zbieranych danych, opisujących poszczególne gospodarstwo. Zmodyfikowano także w sposób zasadniczy w latach 1983–1987 strukturę bazy danych. Był to już okres powrotu do gospodarki rynkowej. Jak stwierdzono w omawianej publikacji [19] system rachunkowości został ponownie „... dostosowany do zasad gospodarki rynkowej (...) i jest porównywalny do systemu danych rachunkowości gospodarstw rolniczych Unii Europejskiej, Farm Accountancy Data Network (FADN)”

Należy podkreślić, że Polska Ludowa to okres dążenia do likwidacji, a nie preferowania gospodarstw indywidualnych w Polsce. Mimo takiej polityki gospodarstwa rodzinne prowadzące rachunkowość, dla uproszczenia nazywane gospodarstwami rachunkowiczów, uzyskiwały lepsze wyniki produkcyjne i ekonomiczne w relacji do ogółu gospodarstw indywidualnych w Polsce. Na podstawie przeprowadzonych badań można wnioskować (A. Bernacki 1982 r. [3]), że gospodarstwa rachunkowiczów uzyskiwały w latach 1958/59–1978/79, w porównaniu do ogółu gospodarstw rolniczych w Polsce, wyższe roczne wyniki produkcyjne i finansowe,

średnio o 33,3%, w całym badanym okresie. Maksymalna średnia wartość wyższych dochodów produkcyjnych i finansowych w badanym dwudziestoleciu wynosiła nawet 41%, a minimalna 22%.

Niektóre wystąpienia i wygłoszone na konferencji referaty z okazji 70-lecia rachunkowości omawiały przydatność i potrzebę prowadzenia rachunkowości w gospodarstwach indywidualnych⁴ w Polsce. Ważniejsze referaty i wystąpienia w części dotyczyły przydatności rachunkowości. Goraj [9] stwierdził, że głównym celem rachunkowości systemu IERiGŻ „jest pozyskiwanie danych dla permanentnego informowania ośrodków decyzyjnych o stanie i wynikach ekonomicznych indywidualnych gospodarstw rolniczych, a także dostarczania danych dla środowisk naukowych”. Podkreśla dalej, że produktem niejako ubocznym jest również raport o wynikach rachunkowości uzyskiwanych w roku obrachunkowym przez każde gospodarstwo indywidualne. Zestaw ten był opracowany w ramach bazy komputerowej. Raporty te były przekazywane wraz z dokumentacją pierwotną rolnikowi.

Prowadzenie rachunkowości i korzyść z jej prowadzenia wynikająca dla rolników polegała głównie na bezpośrednim kontakcie rolnika z inspektorem IERiGŻ. W czasie tych rozmów i dyskusji rolnik zdobywał zasadniczą wiedzę. Prowadził dyskusję, zadawał pytania. Przydatność otrzymywanych danych była jednak mniejsza, gdyż materiały te uzyskiwał rolnik z dużym opóźnieniem, często już po zasiewach i po podjęciu decyzji dotyczących następnego roku produkcyjnego.

Bernacki [6] w swoim wystąpieniu jednoznacznie podkreślił istotę rachunkowości dla szeroko rozumianej praktyki rolniczej. Chodzi o prowadzenie księgowości, którą można by nazwać „zarządczą, a bardzo przydatną w podejmowaniu decyzji”. W swoim wystąpieniu analizował również wpływ ciągnika na wzrost efektywności i potencjał produkcyjny gospodarstwa indywidualnego. Podkreślił również wyraźny wpływ wykorzystywanych w produkcji obrotowych środków, własnych i z zakupu. Podobne zdanie prezentował profesor Stefan Moszczeński i stwierdził, w swoich publikacjach że „(...) środki obrotowe są krwiobiegiem gospodarstwa” i decydują o jego efektywności.

Obecnie, począwszy od rewolucji przemysłowej, bardzo wyraźnie podkreśla się w zarządzaniu kulturę organizacyjną przedsiębiorstw. Na podstawie literatury [8] wiadomo, że w zakresie zarządzania nastąpiły zasadnicze zmiany w okresie rewolucji przemysłowej. Wówczas wprowadzono, a obecnie zwraca się większą uwagę na kulturę organizacji przedsiębiorstw jako główny składnik naukowej metody zarządzania. Wcześniej, przed rewolucją przemysłową, zarządzano na „wycucie”, nie korzystając z naukowych metod oraz różnego rodzaju liczb w zarządzaniu. Przykro

⁴ W tym okresie używano terminów: gospodarstwa indywidualne (rodzinne) i uspołecznione, państwowe gospodarstwa rolne, spółdzielnie produkcyjne i gospodarstwa kółek rolniczych.

stwierdzić, że w rolnictwie w dalszym ciągu, brak jest naukowych podstaw zarządzania. Synowie naśladowali swoich ojców i w ten sposób rolnictwo nie jest w swojej masie działem efektywnie zarządzanym. Mamy w Polsce w rolnictwie również gospodarstwa rodzinne uzyskujące dobre efekty. Trudno jednak ten wniosek wyciągać dla większości gospodarstw rodzinnych w Polsce.

Interesujące były opinie w wygłoszonych referatach na 70-lecie prowadzenia rachunkowości zarówno pracowników IERiGŻ, jak i rolnika, prowadzącego rachunkowość. Dotyczyły one przydatności rachunkowości w gospodarstwie indywidualnym. Ciekawe materiały zaprezentował Radoń [19]. Powoływał się na 50-lecie i 60-lecie Systemu Rachunkowości Rolniczej w Polsce. Podkreślał historyczny zarys jej prowadzenia. Przytoczył bardzo ciekawe informacje dotyczące liczby ksiąg rachunkowych opracowywanych w latach 1926/27 do 1937/38. W tym czasie najniższa liczba prowadzonych ksiąg była w roku 1926/27. W następnych latach liczba ta dochodziła prawie do tysiąca. Jak podaje Radoń za Manteuffelem, większe gospodarstwa prowadziły również rachunkowość na potrzeby własne i dla celów podatkowych. W tym okresie, jak podaje Radoń, w Polsce znajdowało się 3 mln 200 tys. gospodarstw indywidualnych, a książki były prowadzone w około 3%. Podkreślenia wymaga fakt, że już w okresie międzywojennym książki rachunkowe były prowadzone dla potrzeb podatkowych. Dalej Radoń podaje liczbę prowadzonych ksiąg w gospodarstwach indywidualnych w okresie okupacji niemieckiej. Najmniejsza liczba prowadzonych ksiąg była w roku 1943/44, prowadzono ich wówczas 19. W roku zakończenia okupacji niemieckiej – jedynie 11. W tym czasie rolnicy prowadzili rachunkowość zafałszowaną dla okupanta i „prawdziwą na potrzeby własne, z myślą o przyszłości”. Liczba prowadzonych ksiąg w latach 1945/46–1949/50 dochodziła do 532. Najniższa liczba prowadzonych ksiąg była w roku 1945/46 i wynosiła 147 ksiąg. Są to bardzo ciekawe liczby prezentowane przez wieloletniego pracownika IERGiŻ. Ciekawa jest również informacja Radonia, w której podaje nazwę rolników: biedniak i średniak, średniak słabszy i mocniejszy, jak również kułak słabszy i kułak mocniejszy. To nazewnictwo było wykorzystywane jedynie w roku 1951/52.

Ciekawe informacje przytoczył Guzewicz [19], który omówił transfer ziemi państwowej do gospodarstw prywatnych. Opisał on powrót ziemi państwowej „zabranej” rolnikom w czasie Polski Ludowej.

Kolejne informacje prezentował rolnik prowadzący rachunkowość w niewielkim gospodarstwie, około 5 ha. Podkreślił bardzo wyraźnie, że został namówiony do jej prowadzenia przez inspektora IERiGŻ już w latach 1961/62. Początkowo nie był przekonany o potrzebie i przydatności rachunkowości w swoim gospodarstwie. Z tą opinią należy się w części zgodzić, bo tak małe gospodarstwo może prowadzić ewidencję w normalnym notatniku. Niemniej jednak stwierdził, że rachunkowość tę prowadził przez 35 lat. Informował, że w najbliższym czasie gospodarstwo przekaże swojemu synowi. Podważał szybkość pozyskiwanych informacji ze statystyki. Omałwia również relacje cen produktów rolnych do środków produkcji rolniczej. Stwier-

dził, że po ostatniej podwyżce cen zboża wynoszącej 55 do 60 złotych za 1 dt pszenicy mógł zakupić jedynie 1 dt polifoski. Stwierdził dalej, że z powodu wysokich cen wielu rolników rezygnuje z zakupu nawozów mineralnych.

W 2006 roku, w osiemdziesiątą rocznicę wprowadzenia rachunkowości rolniczej w Polsce, zorganizowana została Międzynarodowa Konferencja. W materiałach z tej Konferencji zaprezentowano łącznie pięć referatów, w tym jeden przygotowany przez obywatela Holandii, a drugi Finlandii. W publikacji tej [20] przedstawiono wprowadzoną na bazie rachunkowości laurowskiej rachunkowość Farm Accountancy Data Network.

W zasadzie należałoby podkreślić, że z tych 80 lat 77 przypadają na rachunkowość prowadzoną na wzorach profesora Laura, przygotowanych przez Jana Curzytkę do warunków Polski. Prowadzenie tej rachunkowości zakończono w 2003 roku. Na bazie pozostałych gospodarstw wprowadzono rachunkowość FADN, zgodnie z wymogami Unii Europejskiej. Szkoda bardzo, że w ww. Konferencji Międzynarodowej nie zaprezentowano referatów dotyczących dorobku oraz zakresu prowadzonej i przydatnej przez 77 lat rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych w Polsce.

Jak wspomniano wyżej rachunkowość FADN jest prowadzona dla potrzeb Unii Europejskiej. Liczby zbierane w tej rachunkowości dotyczą różnych kierunków produkcji, nie są jednak w pełni przydatne do podejmowania decyzji w gospodarstwach rodzinnych. O potrzebie i konieczności wprowadzenia w Polsce rachunkowości dla celów podatkowych jak i zarządzania powinniśmy jednak pamiętać.

W roku 1996 został wprowadzony, również przez IERiGŻ, Zunifikowany System Rachunkowości w Gospodarstwach Rolniczych (ZSRGR). Zobowiązani do jego prowadzenia byli młodzi rolnicy korzystający z preferencyjnych kredytów. W opinii rolników przydatność ZSRGR była słaba, a uzyskiwane wyniki mało czytelne. Rachunkowość ta nie była korzystna dla promowania i prowadzenia rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych. Zniechęcała ona rolników do ewidencji księgowej ze względu na brak przejrzystości, jasności definicji oraz oczekiwanej przez rolników przydatności.

Przed praktycznym wprowadzeniem w IERiGŻ Zunifikowanego Systemu Rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych odbyła się ogólnopolska konferencja w Ministerstwie Rolnictwa. Na tej ogólnopolskiej konferencji zaprezentowano wiele programów rachunkowości dla gospodarstw rodzinnych. Były to programy przygotowane przez Ośrodki Doradztwa Rolniczego oraz referat przygotowany przez SGGW. W referacie SGGW prezentowany był program rachunkowości zarządczej, skomputeryzowanej „ROLIN” [5]. Na podstawie tego programu, prowadzono rachunkowość w gospodarstwach rodzinnych na terenie pięciu ODR-ów w centralnej Polsce. W tabeli 1 przedstawiono dane uzyskane w ramach programu „ROLIN”. W pierwszej kolumnie został zaprezentowany potencjał produkcyjny badanych gospodarstw, dla przyjętych grup. Ponadto przedstawiono wybrane wskaźniki gospodarstw, dla których była prowadzona rachunkowość.

Tabela 1. Potencjał produkcyjny a wyniki finansowe badanych gospodarstw [5]

Lp. Wyszczególnienie	Poziom dochodu rolniczego [na 1 ha]			Analizowane gospodarstwo
	niski	średni	wysoki	
1. Liczba gospodarstw	7	16	8	1
2. Obszar użytków rolnych [ha]	28,77	28,57	21,70	21,86
3. Wskaźnik bonitacji gleb	1,61	1,68	1,74	1,57
4. Osób pełnozatrudnionych w gosp.	3,5	3,4	3,0	3,3
5. Koszty zmienne [tys. zł na 1 ha]	5968	6289	11611	570
niski poziom dochodu = 100,0%	100,0	105,4	194,6	95,5
6. Koszty stałe [tys zł na 1 ha]	979	1091	729	1312
niski poziom dochodu = 100,0%	100,0	111,4	74,5	134,0
7. Dochód rolniczy [tys. zł na 1 ha]	3041	5833	12847	2050
niski poziom dochodu = 100,0%	100,0	191,8	422,5	67,4

Ogółem w badaniach uczestniczyło 60 gospodarstw rodzinnych. W przedstawionym artykule wykorzystano jedynie dane dla 31 gospodarstw, dla których dokonano zamknięć rocznych. Były to gospodarstwa towarowe o średnim obszarze 26,84 ha. Gospodarstwa te charakteryzowały się podobnym udziałem trwałych użytków zielonych (14,5%), podobnym wskaźnikiem bonitacji wynoszącym około 1,69 oraz podobną, wynoszącą ok. 3,4 liczbą pełnozatrudnionych na gospodarstwo. Dla gospodarstw tych była prowadzona rachunkowość, zakończyły one zbieranie danych i zamknęły księgi rachunkowe na koniec roku obrachunkowego. Dla wszystkich badanych gospodarstw obliczono dochód rolniczy na 1 ha użytków rolnych. Następnie dokonano podziału gospodarstw na trzy grupy. Pierwsza grupa licząca 7 gospodarstw (25%) uzyskała najniższy dochód rolniczy, druga grupa (50%) o średnim dochodzie rolniczym (16 gospodarstw) oraz grupa o najwyższym dochodzie rolniczym (25%). Gospodarstw o najwyższym dochodzie rolniczym było 8. Po podziale gospodarstw na grupy obliczono zamieszczone w tabeli 1 wskaźniki. Ostatnia kolumna prezentuje gospodarstwo, które uzyskało najniższy dochód rolniczy na 1 ha.

Wszyscy uczestnicy tych badań otrzymali wyniki prezentowane w tabeli 1 oraz wyniki dla swoich gospodarstw. Umożliwiło to wszystkim rolnikom porównanie wyposażenia gospodarstwa, ponoszonych kosztów oraz innych wskaźników i obliczonego dochodu rolniczego w celu porównania z trzema badanymi grupami.

Dla ponoszonych kosztów i uzyskanego dochodu rolniczego (wiersz 5–7) obliczono podane wskaźniki na 1 ha. W celu uchwycenia zmian przyjęto dla gospodarstw o najniższym dochodzie rolniczym wskaźnik 100%. Z danych w tabeli 1 wyraźnie wynika, że gospodarstwa trzeciej grupy ponosiły prawie dwukrotnie wyższe koszty zmienne, natomiast koszty stałe wynosiły 74,5% i były niższe o ponad 25% od pierwszej grupy gospodarstw.

Dokonując analizy badanych grup gospodarstw należy jednoznacznie stwierdzić, że ponoszone koszty zmienne w trzeciej grupie gospodarstw były prawie dwukrotnie

wyższe od pozostałych grup, a koszty stałe były niższe. Spowodowało to, że trzecia grupa gospodarstw uzyskała ponad czterokrotnie wyższy (wynoszący 422,5%) dochód rolniczy). Na podstawie tych danych nasuwa się następujący wniosek: wysoki udział kosztów zmiennych i nieco mniejszy udział kosztów stałych oraz dobre zarządzanie pozwoliły uzyskać czterokrotnie wyższy dochód rolniczy w przeliczeniu na 1 ha. Przedstawione wyniki finansowe pozwalają jednoznacznie potwierdzić przydatność rachunkowości do oceny uzyskiwanych wyników.

Reasumując należy podkreślić, że w ramach wprowadzonych zmian rolnicy, właściciele towarowych gospodarstw rodzinnych, zostali pozbawieni danych przydatnych do zarządzania organizacją i ekonomiką gospodarstw rolniczych. Ponadto Polska jest jednym z niewielu krajów Europy, w którym nie obowiązuje prowadzenie rachunkowości dla celów podatkowych. Rachunkowość nie jest również wykorzystywana do podejmowania decyzji. Zarządzanie gospodarstwami i przedsiębiorstwami w rolnictwie prowadzone jest nadal „na wyczucie”.

4. Ocena rozwoju rachunkowości rolniczej w Polsce

Przeprowadzona analiza dorobku rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych w czasie zaborów, w okresie międzywojennym, w okresie okupacji hitlerowskiej oraz w Polsce Ludowej pozwala jednoznacznie stwierdzić, że dorobek ten jest relatywnie bardzo bogaty. Dotyczy on zarówno zdobytych umiejętności w zakresie prowadzonej rachunkowości, jak i wykorzystywania wiedzy wynikającej z rachunkowości. Wiedza ta powinna być wykorzystywana w doradztwie ekonomicznym gospodarstwa i w zarządzaniu. Rachunkowość laurowska, jak już podano wcześniej, została zapoczątkowana w roku 1926, a zlikwidowana w roku 2003. Tak więc rachunkowość ta w gospodarstwach indywidualnych była prowadzona przez 77 lat. W roku 2004 w jej miejsce została wprowadzona rachunkowość Farm Accountancy Data Network (FADN). Wprowadzenie tej rachunkowości jest konsekwencją przystąpienia Polski do Unii Europejskiej i związane z wymogami UE. Jak wynika z wywiadu przeprowadzonego z dr Gorajem [10], kierownikiem Zakładu Rachunkowości Rolnej IERiGŻ-PIB, w całej Unii rachunkowość FADN jest prowadzona przez 81 tys. gospodarstw. W Polsce liczba ta wynosi 12,1 tys.

Podkreślenia wymaga fakt, że dla potrzeb FADN zbieranych jest 1000 danych, dotyczących gospodarstw rolniczych w UE. Są to jednak głównie dane wykorzystywane do oceny efektywności różnych kierunków produkcji gospodarstw rolniczych w Polsce i UE. Zapewne właściciele gospodarstw prowadzących rachunkowość z tych danych nie będą w pełni korzystać.

Aktualna sytuacja Polski stworzyła warunki i konieczność prowadzenia w towarowych gospodarstwach rodzinnych rachunkowości zgodnie z obowiązującym od 2003 r. Międzynarodowym Standardem Rachunkowości 41 „Rolnictwo”. Koniecz-

ność wprowadzenia tego standardu ma dwa zasadnicze aspekty. W dzisiejszej rzeczywistości i w miarę trudnej sytuacji w rolnictwie oraz potrzebie jego modernizacji trudno zarządzać towarowym gospodarstwem rodzinnym bez korzystania z danych rachunkowości. Drugi zasadniczy powód dotyczy pozyskiwania środków z UE w celu modernizacji i mechanizacji zacofanych w dużej mierze towarowych gospodarstw rodzinnych w Polsce. Uzyskanie środków z UE jest uwarunkowane prowadzeniem rachunkowości. Mniej ważna, ale istotna jest również możliwość odzyskiwania ponoszonego przy zakupie materiałów i środków do produktów rolniczej oraz usług a naliczanego rolnikowi podatku VAT. Obecnie w miarę powszechnie naliczony podatek VAT nie jest przez rolników odzyskiwany.

Reasumując należy jednoznacznie podkreślić, że w tych warunkach jest istotne wykorzystanie bogatego dorobku prowadzonej w czasie zaborów, a szczególnie w okresie międzywojennym, rachunkowości w Polsce. Efektywność wykorzystywania rachunkowości może być bardzo duża, zarówno dla poszczególnego rolnika, jak i gospodarki narodowej Polski.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzając analizę dorobku w zakresie prowadzonej rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych w Polsce, należy jednoznacznie stwierdzić, że dorobek analizowanych lat jest relatywnie bogaty. Dotyczy on zarówno doświadczenia w zakresie prowadzonej rachunkowości, jak i wykorzystywania do zarządzania wiedzy z niej wynikającej. Wiedza ta powinna być wykorzystywana w doradztwie ekonomicznym gospodarstwa. Przedstawione w prezentowanym artykule dane wskazują na konieczność szerszego zainteresowania się dorobkiem w zakresie rachunkowości i prowadzonego doradztwa w rolnictwie. Te unikalne i mało znane materiały potwierdzają zasadność dodatkowego zajęcia się prezentowaną w artykule problematyką. Przeprowadzona analiza rachunkowości i doradztwa w gospodarstwach rodzinnych pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków.

1. Informacje merytoryczne dotyczące rachunkowości pozwalają stwierdzić, że rachunkowość prowadzona w okresie zaborów i w okresie II Rzeczypospolitej prezentowała wysoki poziom merytoryczny. Dorobek ten należy wykorzystać w trakcie koniecznego nadrobienia zaległości w rachunkowości w rolnictwie polskim. Wniosek ten dotyczy głównie towarowych gospodarstw rodzinnych w Polsce.
2. Dorobek z zakresu rachunkowości jest podstawą przygotowywania wariantu rachunkowości na potrzeby zarządzania i wprowadzenia opodatkowania towarowych gospodarstw rodzinnych w Polsce.
3. Wprowadzenie rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych w Polsce jest konieczne z punktu widzenia MSR 41 „Rolnictwo”, a zasadne z punktu widzenia możliwości uzyskiwania dotacji na modernizację i dofinansowanie gospodarstw

rolniczych w Polsce. Warunkiem uzyskania dotacji unijnych jest prowadzenie rachunkowości w gospodarstwach rodzinnych w Polsce.

4. Bardzo istotny wniosek dotyczy konieczności zainteresowania Ministerstwa Finansów, Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, izb rolniczych oraz ośrodków doradztwa rolniczego sytuacją prawną w zakresie rachunkowości i doradztwa ekonomiczno-rolniczego w dobie wiedzy informacji i informatyki oraz Internetu w Polsce. Ponadto rachunkowość powinna być wykorzystywana w towarowych gospodarstwach rodzinnych do celów podatkowych jak i podejmowania decyzji operacyjnych w gospodarstwie rolniczym.

Literatura

-
- [1] Au J. 1870. Wiadomości o Szkole Rolniczej im. Haliny w Żabikowie. Wydawnictwo N. Kamińskiego i Spółki, Poznań: 1–46.
 - [2] Au J. 1889. Nauka rachunkowości do potrzeb gospodarstwa wiejskiego zastosowanej. Lwów: 1–177.
 - [3] Bernacki A. 1982. Efektywność różnych poziomów koncentracji środków produkcji (praca habilitacyjna), Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa: 1–103.
 - [4] Bernacki A. 1995. Książka rachunkowa do ewidencji zdarzeń gospodarczych w gospodarstwach rodzinnych. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, Część I: 1–119, Część II: 1–114.
 - [5] Bernacki A., Wasilewski M. 1995. Wyniki produkcyjne i ekonomiczne gospodarstw rodzinnych prowadzących skomputeryzowaną rachunkowość ROLIN. *Post. Nauk Rol.* 4: 3–13.
 - [6] Bernacki A. 1996. Wystąpienie na Konferencji 70 lat rachunkowości rolnej. IRGiŻ, Warszawa: 34–38.
 - [7] Bernacki A.M. 2006. Międzynarodowy Standard Rachunkowości 41 „Rolnictwo” a realia jego wprowadzenia. Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości, Numer Specjalny, Wydawnictwo Stowarzyszenie Księgowych w Polsce, Rada Naukowa, Tom 32(86), Warszawa: 7–15.
 - [8] Bernacki A.M., Roszak. P. 2007. Kultura organizacyjna a konkurencyjność przedsiębiorstw, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole: 79–87.
 - [9] Goraj L. 1996. Stan obecny i przyszłość rachunkowości rolniczej, 70 lat rachunkowości rolnej. IRGiŻ, Warszawa: 49–62.
 - [10] Goraj L. 2006. Rachunek zysków. *Farmer* 19.
 - [11] Kawecki J. 1912. Rachunki gospodarcze. Wydawnictwo Wydziału Kółek Rolniczych i Centralnego Towarzystwa Rolniczego, Drukarnia Zorza, Warszawa: 1–74.
 - [12] Kopecki J. 1907. Dlaczego i jak powinien gospodarz rachować? Wydawnictwo Patronatu Kółek Rolniczych TOM XXV, Poznań: 1–31.
 - [13] Łukasik R. 1963. Rachunkowość w dawnej Polsce. Skrzywan S. Wstęp do podręcznika. PWE, Warszawa: 9.
 - [14] Manteuffel R. 1937. List z Brugg. *Gazeta Rolnicza* nr 21 z 21 maja 1937, Warszawa.

- [15] Meimberg P. 1971. Rachunkowość rolnicza. PWRiL, Warszawa: 1–451.
- [16] Moszczeński S. 1947. Rachunkowość gospodarstw wiejskich. PIWR, Warszawa: 1–458.
- [17] Rostworowski J. 1889. Rachunkowość rolnicza. Drukiem H. Tomaszewskiej-Tłomackie Nr. 4, Warszawa: 1–207.
- [18] Surzycki S. 1949. Polski Słownik Biograficzny. Tom 1 Zeszyt 2, Kraków: 176–177.
- [19] 70 lat rachunkowości rolnej. 1996. IERiGŻ, Warszawa: 1–118.
- [20] 80 lat Rachunkowości Rolnej w Polsce. Konferencja Międzynarodowa, IRGiŻ-PIB, Warszawa 2006: 60 ss.

Original achievements of the Polish agricultural accounting during territorial annexation, actual state and conclusions for the future

Key words: family farm, accounting, territorial annexation, present-day challenges

Summary

Presented paper covers the historical aspects of agricultural accounting in Poland. Already at this time issues connected with accounting were on a relatively high level. The development of accounting was continued on the examples of prof. E. Laur, head of Swiss Peasants Association. After the nazi occupation the interest of Polish family farm households in accounting decreased. Poland's accession to the European Union, the obligation of using FADN and MSR 41 „Agriculture”, as well as the conditions of obtaining funds from the EU forejudge the necessity of keeping accounts in commodity family households in Poland. For this reason reminding the not so well known works and achievements in this area of accounting are very useful.

Kronika

Symposium: Zur Rolle der Veterinärmedizin in Forschung und Gesellschaft – Rola medycyny weterynaryjnej w badaniach naukowych i w społeczeństwie (Berlin, 13–14 X 2006 r.)

Marian Truszczyński

*Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy
Al. Partyzantów 57, 24-100 Puławy
e-mail: mtruszcz@piwet.pulawy.pl*

Rola medycyny weterynaryjnej w badaniach i w społeczeństwie była tematem sympozjum, które odbyło się w dniach 13–14 października 2006 r. w Berlinie. Sympozjum zostało zorganizowane przez Sekcję Weterynaryjną Niemieckiej Akademii Nauk Przyrodniczych „Leopoldina” i Niemieckie Towarzystwo Medycyny Weterynaryjnej. Udział wzięli pracownicy naukowcy, w przeważającej liczbie ze szkół wyższych z Niemiec, Austrii, Szwajcarii, Francji i Polski. Reprezentowali dyscypliny podstawowe, zwłaszcza biologię molekularną i genetykę oraz infekcjologię, higienę żywności i specjalności kliniczne.

Głównym celem organizatorów sympozjum było podkreślenie znaczenia nauk weterynaryjnych w badaniach interdyscyplinarnych i ochronie zdrowia publicznego, a zwłaszcza w ograniczaniu i eliminowaniu zwierzęcego rezerwuaru drobnoustrojów chorobotwórczych dla człowieka. Przedstawiana tematyka dotyczyła gąbczastej encefalopatii bydła (BSE), grypy ptasiej i bezpieczeństwa żywności zwierzęcego pochodzenia. Uwzględniała udział nauk weterynaryjnych w ocenie skuteczności szczepionek i leków stosowanych u ludzi, w eksperymentalnych badaniach klinicznych,

oraz w szeroko rozumianej ochronie środowiska, zwłaszcza rolniczego, z uwzględnieniem prozdrowotnych systemów hodowli i chowu zwierząt. Wykłady podkreślały znaczenie nauk weterynaryjnych dla rozwoju dziedzin pokrewnych: medycyny człowieka, biologii i ekologii.

W ciągu dwóch dni wygłoszono następujące wykłady: „Zwierzę w świetle prawa” – dr iur. **A.F. Goetschel**, Zurich, Szwajcaria; „Przemiany w procesie kształcenia lekarza weterynarii” – prof. dr **H. Martens**, Berlin, Niemcy; „Transgeniczne zwierzęta doświadczalne” – prof. dr **E. Wolf**, Monachium, Niemcy; „Genetycznie zmienione zwierzęta użytkowe” – prof. dr dr h.c. **G. Brem**, Wiedeń, Austria; „Modele zwierzęce w badaniach z embrionalnymi komórkami macierzystymi” – prof. dr med. dr rer. nat. **H.M. Beier**, Akwizgran, Niemcy; „Elementy postępu w patologii” – prof. dr **A.D. Gruber**, Berlin, Niemcy; „Alternatywy w stosunku do doświadczeń na zwierzętach” – prof. dr **J. Plendl**, Berlin, Niemcy; „Zaburzenia w zachowaniu się zwierząt” – prof. dr **J. Troxler**, Wiedeń, Austria; „Potencjał i granice wydolności u zwierząt użytkowych” – prof. dr **G. Breves**, Hannover, Niemcy; „Immunologia nie dotycząca człowieka i myszy, konieczność i możliwości” – prof. dr **B. Kaspers**, Monachium, Niemcy, prof. dr **A. Saalmüller**, Wiedeń, Austria; „Badania nad lekami dla zwierząt, problemy i perspektywy” – prof. dr **F. R. Ungemach**, Lipsk, Niemcy; „Modele zwierzęce w badaniach nad lekami” – prof. dr **W. Löscher**, Hannover, Niemcy; „Stan badań nad prionami” – prof. dr **T.C. Mettenleiter**, Greifswald, Niemcy; „Przyszłe badania w zakresie wirusologii” – prof. dr **M. Ackermann**, prof. dr **H. Lutz** – Zurich, Szwajcaria; „Bakteriologia molekularna: perspektywy w diagnostyce i opracowywaniu nowych szczepionek” – prof. dr hab. **L.G. Bailer**, Gießen, Niemcy; prof. dr **L.H. Wieler**, Berlin, Niemcy; „Aktualne badania kliniczne w interdyscyplinarnej chirurgii eksperymentalnej” – prof. dr **L. Brunnberg**, Berlin, Niemcy; „Aktualne badania kliniczne w medycynie rozrodu” – prof. dr dr h.c. **H. Bostedt**, Gießen, Niemcy; „Nauki o żywności w służbie ochrony zdrowia” – prof. dr **K. Fehlhaber**, Lipsk, Niemcy; „Weterynaria i zwalczanie chorób zakaźnych u człowieka, przykład influenza” – dr **K. Stöhr**, WHO, Genewa, Szwajcaria; „Ochrona gatunków jako interdyscyplinarne zadanie medycyny weterynaryjnej” – prof. dr **H. Hofer**, Berlin, Niemcy.

Na szczególne znaczenie zakładów naukowych uniwersyteckich wydziałów medycyny weterynaryjnej, w odniesieniu do doświadczalnictwa w szeregu dyscyplin biomedycznych, wskazywały wykłady dotyczące zwierząt transgenicznych i modeli zwierzęcych z wykorzystaniem embrionalnych komórek macierzystych. W innych wystąpieniach przedstawiono osiągnięcia z zakresu patologii stanowiące alternatywę metodyczną do doświadczeń na zwierzętach. Dla racjonalnego chowu zwierząt użytkowych proponowano wykorzystanie wykazanych prawidłowości z zakresu etologii. Określono też granice produktywności zwierząt użytkowych i mechanizmy obronne u zwierząt wysoko produkcyjnych. Kilka wykładów dotyczyło metod opracowywania nowych szczepionek i leków stosowanych u ludzi i u zwierząt. Zwrócono

uwagę na istotny wzrost znaczenia chorób zakaźnych, w tym zoonoz. Przykładowo, wymieniono okresowe pojawianie się w Europie Zachodniej epidemii klasycznego pomoru świń oraz pryszczycy.

Ważnym problemem, tak w medycynie jak też w medycynie weterynaryjnej, stała się gąbczasta encefalopatia bydła (BSE) jako źródło wariantu choroby Creutzfeldta-Jakoba u człowieka. W związku z szeregiem niejasności rozwinięte zostały na bardzo wysokim poziomie możliwości badawcze w Instytucie Fryderyka Loefflera w Greifswaldzie i na Wyspie Remis, dzięki rozbudowie i nowoczesnej aparaturze za kwotę około 100 milionów euro. Podjęta tematyka dotyczy badań nad patogenezą choroby u bydła i bliższego poznania mechanizmu chorobotwórczości prionów. Dodatkowym ważnym czynnikiem uzasadniającym zaangażowanie na rzecz wymienionego Instytutu okazał się fakt, że w ostatnich kilku latach pandemii ptasiej grypy i związanego z tym zagrożenia zdrowia człowieka. Aktualny serotyp H5N1 wykazuje chorobotwórczość dla człowieka, o czym świadczą zachorowania i zejścia śmiertelne u ludzi. Ze strony WHO przedstawiony został pogląd na temat roli szczepień drobiu domowego przeciw grypie ptasiej z podkreśleniem celowości ich stosowania w szerokim zakresie, co jednak wymaga dodatkowej oceny i dyskusji.

Chorobom bakteryjnym zwierząt, w tym zoonozom, poświęcono wykład uwzględniający znaczenie bakteriologii molekularnej w opracowywaniu testów diagnostyki laboratoryjnych i szczepionek nowej generacji. Dotyczyło to m.in. infekcji wywołanych przez serowary *Salmonella enterica*, enterotoksyczne szczepy pałeczki okrężnicy, *Yersinia* spp. i *Campylobacter* spp. Zdrowiu publicznemu, w tym aspektom weterynaryjnym, poświęcony był wykład z zakresu nauk o żywności z uwzględnieniem zdrowia człowieka. Stwierdzono, że zoonozy, głównie alimentarne, są w krajach Unii Europejskiej przyczyną kosztów rocznych rzędu ponad 6 miliardów euro.

Nadal aktualna i uzasadniona pozostaje zatem potrzeba dalszego rozwoju w obszarze medycyny weterynaryjnej dyscyplin naukowych, zapewniających bezpieczeństwo żywności zwierzęcego pochodzenia, zwłaszcza wobec rosnącego obrotu międzynarodowego zwierzętami i produktami pochodzenia zwierzęcego oraz rosnących oczekiwań konsumenta. Dodatkowo, w związku z dokonywanymi zmianami w chowie zwierząt konsumpcyjnych i w technologiach wytwarzania produktów zwierzęcego pochodzenia rodzą się nowe tematy do badań w laboratoriach weterynaryjnych zakładów uniwersyteckich i instytutów badawczych. Dotyczą one szkodliwych dla zdrowia stężeń pozostałości chemicznych oraz patogenności i antybiotykooporności znajdujących się w żywności drobnoustrojów. Kilka wykładów omawianego sympozjum dotyczyło nauk klinicznych, nie tylko z uwzględnieniem potrzeb medycyny weterynaryjnej, lecz również medycyny człowieka, w rozwoju której uczestniczą klinicyści weterynaryjni. Jeden wykład spośród tej tematyki obejmował interdyscyplinarne badania eksperymentalne z zakresu chirurgii, a drugi dotyczył rozrodu oraz medycyny reprodukcyjnej.

Podsumowując tematykę sympozjum można stwierdzić, że założony cel, to jest zwrócenie uwagi na interdyscyplinarne znaczenie nauk weterynaryjnych w rozwoju nauk medycznych i szeregu dyscyplin biomedycznych, został osiągnięty. Z danych tych wynika, iż składające się na pojęcie medycyny weterynaryjnej dyscypliny odgrywają coraz większą rolę w postępie w medycynie człowieka i biologii. Materiały z tego sympozjum będą wydane przez Akademię Nauk Przyrodniczych „Leopoldina” w Berlinie.

Recenzje i prezentacje

Recenzja książki „Ochrona pieczarki” pod redakcją Jędrzeja Maszkiewicza

Wydawnictwo Hortpress, Sp. z o.o.,
Warszawa, 2006 r., ISBN: 83-86384-53-0, 144 str.

Książka jest pracą zbiorową napisaną przez dr Ewę Dmowską z Instytutu Ekologii PAN, prof. Stanisława Ignatowicza i dr Mariusza Lewandowskiego z Katedry Entomologii Stosowanej SGGW, dr Jędrzeja Maszkiewicza, dr hab. Jana Szymańskiego oraz mgr Zbigniewa Ulińskiego z Instytutu Warzywnictwa w Skierniewicach. Wydawcą pracy jest Hortpress Sp. z o.o. Warszawa, ul. Kopernika 34.

W ostatnich kilkunastu latach obserwuje się w naszym kraju niezwykle intensywny rozwój produkcji grzybów uprawnych. Szczególnie dynamicznie rozwija się produkcja pieczarek. Szacuje się, że obecna produkcja przekroczyła 140 tys. ton i zakłada się, że w ciągu najbliższych kilku lat może osiągnąć nawet 180–200 tys. ton. Tak dynamiczny rozwój produkcji pociąga za sobą cały szereg problemów. Jednym z nich jest występowanie w uprawach chorób i szkodników. Porażanie upraw pieczarek przez choroby i szkodniki związane jest z prowadzeniem ich praktycznie w monokulturze często przez wiele lat. Ponadto w ostatnich latach powstały rejon, w których uprawia się na skalę masową pieczarkę i w związku z tym odległość między poszczególnymi obiektami nie gwarantuje odpowiedniej izolacji przestrzennej i sprzyja tym samym rozwojowi infekcji.

Obecnie uprawa pieczarek prowadzona jest w Polsce w ponad 3 tys. zakładów pieczarkarskich, a produkcja ta daje utrzymanie kilkunastu tysiącom osób. Właśnie dlatego uważam, że wydanie przez wydawnictwo Hortpress książki „Ochrona Pieczarki” wychodzi naprzeciw oczekiwaniom i zapotrzebowaniu producentów pieczarki w Polsce. Poprzednie wydanie książki ukazało się ok. 6 lat temu, a nakład został w pełni wyczerpany. Obecne wydanie książki zostało znacznie wzbogacone w stosunku do wydania sprzed kilku lat. Książka „Ochrona Pieczarki” liczy 144 str. Całość książki została podzielona na dwie części: część ogólną i część szczegółową. W pier-

wszej części autorzy szeroko charakteryzują czynniki chorobotwórcze występujące w uprawie pieczarek: wirusy, bakterie, grzyby oraz choroby abiotyczne, a także szkodniki: nicienie, roztocza, skoczogonki i muchówki. W części ogólnej znaleźć można opis metod ochrony zarówno fizycznych, chemicznych, biologicznych, jak też biotechnicznych. Sporo miejsca poświęcono również problemom higieny i środków chemicznych służących do jej utrzymania. Należy podkreślić, że omawiając zagadnienia metod ochrony, autorzy wykorzystują w znacznym stopniu wiedzę zgromadzoną w trakcie prowadzenia własnych doświadczeń, jak też korzystają z zasobów informacji dostępnych w najnowszej literaturze światowej. Na szczególne podkreślenie zasługuje stwierdzenie autorów, że używanie pestycydów w pieczarkarstwie powinno mieć charakter profilaktyczny, a podstawowym czynnikiem decydującym o sukcesie w zwalczaniu chorób i szkodników jest prawidłowa ocena i identyfikacja źródeł zakażeń oraz określenie sposobów przemieszczania się patogenów i szkodników w pieczarkarni. Autorzy podkreślają także, że skutki porażenia przez grzyby chorobotwórcze można ograniczyć poprzez likwidowanie we wczesnych stadiach rozwojowych ognisk chorób, które pojawiły się w uprawie. Szczegółowo omówione zostały także środki dezynfekcyjne, które stanowią podstawę utrzymania higieny w pieczarkarni. Środki te używane są do odkażania powierzchni i materiałów mających zastosowanie w produkcji. Niezwykle istotne jest stwierdzenie, że na skuteczność dezynfekcji podstawowy wpływ ma możliwość dotarcia środka do odkażanej powierzchni, a także odpowiednio długi czas działania użytego preparatu oraz zastosowanie go w odpowiednim stężeniu. Dużo uwagi poświęcają autorzy procesowi dezynfekcji hal po zakończonych zbiorach. Zabieg ten ma podstawowe znaczenie dla ograniczenia występowania chorób i szkodników w kolejnych latach, gdyż niszczy on zarówno czynniki chorobotwórcze, jak i szkodniki.

Bardzo ciekawy jest rozdział dotyczący innych metod ochrony pieczarki. Na pewno należy się zgodzić ze stwierdzeniem autora tego rozdziału Stanisława Ignatowicza, że najważniejszym elementem programu jest umiejętność rozpoznawania agrofagów. Zdaniem tego autora, wielu producentów nie potrafi rozróżnić zadrwatych od ziemiórek, a pomylenie larw zadr z larwami ziemiórek może spowodować zastosowanie nieodpowiedniego środka i brak skutecznego zwalczania szkodnika.

Reasumując można stwierdzić, że część ogólna została napisana w sposób niezwykle interesujący, logiczny i daje czytelnikowi szeroką wiedzę dotyczącą omawianych zagadnień. Na szczególne podkreślenie zasługują dobrej jakości kolorowe zdjęcia, a także rysunki i tabele znajdujące się w tej części książki.

Autorzy podkreślają, że wstąpienie naszego kraju do UE spowodowało szereg zmian związanych z prawodawstwem. Zmiany te dotyczą także pieczarkarstwa i ochrony pieczarek. Część szczegółowa książki rozpoczyna się od omówienia chorób wirusowych pieczarki oraz metod ich zwalczania. Autor Jędrzej Maszkiewicz w sposób bardzo syntetyczny omawia symptomy choroby oraz jej znaczenie w uprawie pieczarek. Na szczególną uwagę zasługują bardzo dobre zdjęcia owocników zdeformowanych przez chorobę wirusową. W kolejnym, siódmym rozdziale omówione

zostały choroby bakteryjne pieczarki. Dr hab. Jan Szymański w sposób bardzo interesujący omawia wszystkie choroby bakteryjne występujące w polskich pieczarkarniach. Metody zapobiegania i zwalczania wymienionych chorób omówiony zostały w sposób bardzo konkretny, w punktach, bardzo jasno i precyzyjnie. Zaletą tego rozdziału jest bardzo dobra dokumentacja fotograficzna omawianych zagadnień. W rozdziale ósmym i dziewiątym książki omówione zostały choroby grzybowe. Autor dr Jędrzej Maszkiewicz szczegółowo omawia choroby pasożytnicze, jak też grzyby saprofityczne, tzn. grzyby chwasty występujące w uprawie pieczarek. Na szczególne podkreślenie zasługuje podrozdział dotyczący zielonych pleśni, a więc grzybów z rodzaju *Trichoderma*. Jak wiadomo, w ostatnich kilku latach tzw. zielone pleśnie stały się poważnym problemem w uprawie grzybów w naszym kraju. Powodują one znaczne straty tak w wytwórniach podłoża, jak też w zakładach produkcyjnych i niekiedy także w wytwórniach grzybni. Autor podkreśla, że rodzaj *Trichoderma* obejmuje szereg morfologicznie zbliżonych, jednak bardzo trudnych do rozróżnienia gatunków. Charakteryzują się one bardzo zróżnicowaną ekspansywnością, która wyraża się szybkością wzrostu grzybni, a także zróżnicowaną patogennością w stosunku do pieczarki. Zielone pleśnie z rodzaju *Trichoderma* wydzielają do środowiska toksyny i enzymy hydrolityczne, które niszczą strzępki pieczarki. Autor w bardzo przejrzysty sposób omawia zapobieganie i zwalczanie zielonych pleśni w uprawie pieczarki.

Bardzo dobry jest także rozdział dotyczący grzybów saprofitycznych. Szczegółowe opisy, a także załączenie dobrej jakości kolorowych zdjęć z uprawy, jak też zdjęć mikroskopowych, pozwolą producentowi pieczarki bez trudu zidentyfikować występujące w uprawie grzyby chwasty.

W kolejnym rozdziale dotyczącym chorób nieinfekcyjnych – abiotycznych autor omawia narośla, bezblaszkowatość, wodnistość, łuskowatość, pseudomumie, deformacje trzonu, uszkodzenia wywołane nadmiarem CO₂ oraz problem stromy. Na uznanie zasługują także w tym rozdziale bardzo dobre zdjęcia wymienionych chorób abiotycznych. Jednak wydaje się, że rozdział ten mógłby być w przyszłym wydaniu książki nieco rozszerzony, ponieważ wiedza na temat wyżej wymienionych chorób w ostatnich latach znacznie się wzbogaciła i w kolejnych wydaniach książki można by ją zamieścić.

Rozdziały książki dotyczące szkodników pieczarek, tzn. nicieni, roztoczy, skoczogonków, muchówek, mimo że napisane są przez różnych autorów, cechuje bardzo duża jednolitość w zakresie sposobu prezentacji i omawiania poszczególnych zagadnień, co jest bez wątpienia istotną zaletą opracowania. Autorzy bardzo szczegółowo omawiają rozwój, szkodliwość oraz metody zwalczania poszczególnych szkodników. Przyswojenie zawartej w omawianych rozdziałach wiedzy bardzo znacznie ułatwiają zdjęcia oraz bardzo szczegółowe rysunki dotyczące między innymi nicieni, roztoczy czy też innych szkodników. W sposób bardzo szczegółowy, a jednocześnie prosty i zrozumiały dla czytelnika scharakteryzowane zostały szkodliwe rodziny muchówek występujących w pieczarkarniach. Rozpoznanie muchówek bardzo ułatwia rysunek,

na którym znajduje się owad dorosły, larwa oraz poczwarka ziemiorkowatych, zadrowatych oraz pryszczarkowatych. Jestem przekonany, że tak pogładowe przedstawienie różnic między wymienionymi rodzinami muchówek sprawi, że producent grzybów nie będzie już miał problemów z identyfikacją występujących w jego obiektach szkodników. W końcowej części książki autorzy podają terminarz ochrony pieczarki na lata 2006–2007. Jest to terminarz w pełni aktualny, w którym zawarto najnowsze zalecenia dotyczące zwalczania chorób, szkodników, a także stosowania substancji odkażających w uprawie pieczarek. Książka kończy się komentarzami do terminarza ochrony pieczarek, dotyczącymi zwalczania chorób oraz zwalczania szkodników. Autorzy rozdziałów, kolejno dr Jerzy Maszkiewicz oraz Mariusz Lewandowski, podsumowują zagadnienia dotyczące zwalczania chorób, jak też szkodników w uprawie pieczarek.

Omawiana książka „Ochrona pieczarki” trafia w pełni w zapotrzebowanie odbiorców. Potencjalnymi odbiorcami niniejszego opracowania są producenci pieczarek, zarówno rozpoczynający uprawę, jak też producenci zajmujący się tą uprawą od lat. Bardzo znaczącym potencjalnym adresatem omawianej książki są studenci wydziałów ogrodniczych, uczniowie techników ogrodniczych, a także ogromna rzesza producentów amatorów, właścicieli ogródków przydomowych czy też działkowych, którzy na swych działkach, z mniejszym lub większym powodzeniem, uprawiają grzyby uprawne.

K. Sobieralski

Katedra Warzywnictwa

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

ul. Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań

**Recenzja książki Franciszka Tomczaka
pt. „Gospodarka rodzinna w rolnictwie.
Uwarunkowania i mechanizmy rozwoju”**

Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa Polskiej Akademii Nauk,
Warszawa 2005 r., ISBN: 83-89900-08-4, 467 str.

Książka autorstwa prof. Franciszka Tomczaka należy do bardzo ważnych i istotnych. Wynika to z zawartego w niej ładunku intelektualnego, który wywołuje inspiracje do dalszych refleksji. Poruszana tematyka jest szczególnie istotna w kontekście dyskusji dotyczących kierunków dalszych zmian we Wspólnej Polityce Rolnej UE. Omawiana pozycja stanowi kontynuację i zarazem kwintesencję wcześniejszych rozważań autora dotyczących rolnictwa rodzinnego, a zawartych m.in. w pracach: „Rodzinne gospodarstwo chłopskie: próba określenia wewnętrznych sił adaptacyjnych” (1988), „Procesy dostosowawcze rodzinnych gospodarstw rolnych do warunków gospodarki rynkowej” (1994), „Doświadczenia rolnictwa rodzinnego w krajach o gospodarce rynkowej” (1994), „Japonia. Wieś–rolnictwo–agrobiznes” (1997), „Od rolnictwa do agrobiznesu. Transformacja gospodarki rolniczo-żywnościowej w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej” (2004). Tym razem jednakże czytelnik dostaje do rąk dzieło, które zawiera pogłębioną wizję rozwoju rolnictwa wspartą bogatymi doświadczeniami Autora w kontekście uwarunkowań globalnych. Wskazuje na to także zawartość obszernej bibliografii, gdzie zamieszczono m.in. ponad 30 wartościowych pozycji zagranicznych, głównie anglojęzycznych, nierzadko trudno dostępnych i mało znanych w polskim środowisku naukowym. Warto także zauważyć, że pozycja prof. F. Tomczaka pojawia się w okresie ożywionych dyskusji na temat przyszłości rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce, co stanowi o jej aktualności.

Omawiana monografia składa się z 7 rozdziałów i zakończenia. Układ ten właściwie eksponuje cele badawcze, a jednocześnie w sposób „mistrzowski” łączy wątki teoretyczne z praktycznymi, makro- z mikroekonomicznymi, polskie ze światowymi, rozważania na temat rolnictwa w gospodarce centralnie zarządzanej i rynkowej. Świadczyć to może o wysokiej jakości intelektualnej zawartych analiz. Jednocześnie struktura książki jest zwarta i czytelna. Główna hipoteza w recenzowanej pracy zakłada, że istnieje jeden uniwersalny model rozwoju rolnictwa, stąd można mówić o światowych tendencjach zmian w tym sektorze. Jest to konkluzja prowokująca, a zarazem inspirująca i wnosząca jednocześnie oryginalne wartości do nauki.

Szczególnie cenna z naukowego punktu widzenia wydaje się przeprowadzona przez Autora identyfikacja zewnętrznych i wewnętrznych mechanizmów rozwoju gospodarstw rolnych w poszczególnych etapach ich ewolucji. Mechanizmy uniwersalnej ewolucji rozwoju procesu zdeterminowane są, jak wskazuje autor (s. 39–90), przez poziom rozwoju gospodarczego wyrażony wielkością PKB oraz wydajnością pracy na 1 zatrudnionego (wartość dodana wytworzona w rolnictwie na 1 zatrudnionego w tym dziale). Wynika z tego podobieństwo do przemian w rolnictwie do krajów, które znajdują się na wyższym poziomie rozwoju gospodarczego, co dodatkowo jest wzmacniane przez procesy globalizacji. Prof. F. Tomczak na udowodnienie tej tezy posłużył się bogatym materiałem empirycznym oraz stosownymi zestawieniami graficznymi i statystycznymi (rys. 1–9, tab. 1–2). Trudno być może wobec tego polemizować z tymi rozważaniami w obszarze praktycznym. Pojawiają się jednakże wątpliwości i pytania. Chodzi tu o takie kwestie jak:

- czy opierając się na danych historycznych można jednoznacznie wskazywać na przyszłe kierunki rozwoju rolnictwa?
- czy ujawniające się w coraz większym zakresie koszty rolnictwa w krajach wysoko rozwiniętych (patrz rolnictwa industrialnego) nie powinny skłaniać do poszukiwania alternatywnych dróg rozwoju rolnictwa?
- jak w kontekście przedstawianej tezy uwzględnić wzrost znaczenia obszarów wiejskich i pozaprodukcyjnych funkcji rolnictwa?
- czy istnieją granice rozwoju rolnictwa industrialnego?
- czy głównym wyznacznikiem procesów rozwojowych w badanym sektorze mogą być tylko dwa przedstawione powyżej determinanty?

Odpowiedzi na powyższe pytania zdecydowanie wykraczają poza ramy niniejszego artykułu recenzyjnego, nie sposób jednakże krótko do nich nie nawiązać. Od początku lat dziewięćdziesiątych daje się zauważyć w Europie i nie tylko wzrost kosztów rozwoju rolnictwa industrialnego. Chodzi tu zwłaszcza o wzrost zagrożeń środowiskowych, jak również zdrowia ludzi i zwierząt (BSE, pryszczycyca, ptasia grypa), ograniczenie bioróżnorodności. Powstała paradoksalna sytuacja, w której podatnicy poprzez redystrybucję budżetową ponosili relatywnie wysokie koszty wsparcia producentów rolnych otrzymując z drugiej strony bardziej zatrute środowisko. Wymusiło to weryfikację prowadzonej polityki wsparcia rolnictwa, co było szczególnie widoczne w ewolucji Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) Unii Europejskiej. W coraz większym zakresie zaczęto doceniać pozaprodukcyjne funkcje rolnictwa (np. krajobrazowa, społeczna, kulturowa, środowiskowa) poprzez stosowane instrumenty ekonomiczne, np. programy rolno-środowiskowe WPR UE, wsparcie pozarolniczych form aktywności na obszarach wiejskich. W tym kontekście można mówić o uspołecznieniu polityki w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich, ze względu na większe przyzwolenie społeczne dla tego typu form wsparcia. Warto także zauważyć, że istnieją coraz bardziej widoczne elementy kwantyfikacji działań, które dotychczas były poza obszarem zainteresowania rachunku ekonomicznego. Jednocześnie, jak wskazują doświadczenia USA, gdzie istnieją bardzo zaawansowane

procesy koncentracji produkcji, dla zapewnienia parytetów dochodowych konieczne staje się uzupełnienie dochodów rolniczych, pozarolniczymi formami aktywności. Ponadto można się zastanowić, czy wzrost dochodów rolnika w warunkach wzrostu zanieczyszczeń środowiskowych oznacza rozwój? Odpowiedź na to pytanie wydaje się negatywna. Dlaczego więc do determinantów wyznaczających rozwój rolnictwa nie zaliczyć dodatkowo zmiennej środowiskowej? Skądinąd teoria krzywej środowiskowej Kuznetsa zakłada, że po przekroczeniu określonego poziomu rozwoju gospodarczego rośnie świadomość ekologiczna społeczeństwa, co sprawia, iż spada zatrucie środowiska. Można z pewnym uproszczeniem stwierdzić, że np. w krajach UE mamy właśnie do czynienia z taką sytuacją. Stąd skłaniać się można raczej do tezy, że nie istnieje jeden uniwersalny model rozwoju, do którego dążą gospodarstwa rolne. Przeświadczenie to wynika ponadto z wieloczynnikowej funkcji celów gospodarstwa rolnego, coraz bardziej zróżnicowanych preferencji społecznych i konsumenckich, co do żywności i jakości środowiska, jak również intensywności powiązań rolnictwa z otoczeniem rynkowym. Można oczekiwać, że część społeczeństwa będzie poszukiwać i konsumować żywność wytwarzaną metodami bardziej naturalnymi. Dotyczy to zarówno rolnictwa w Polsce, jak i w pozostałych krajach UE. Przy czym w Polsce, z uwagi na uwarunkowania społeczno-środowiskowe (znaczne zasoby zaangażowane w rolnictwie, niskie skażenie środowiska) istnieją szczególnie duże szanse na bardziej różnorodne drogi rozwoju, pomimo funkcjonowania tego sektora w ramach WPR. Ponadto jak wskazują niektórzy autorzy (prof. J. Zegar, prof. J. Wilkin) w polskich realiach należy wystrzegać się biernego naśladownictwa modeli rozwoju rolnictwa innych krajów UE. Wynika to m.in. z odmiennych uwarunkowań rozwojowych, w tym geopolitycznych. Można wskazać przykładowo takie typy rozwoju rolnictwa jak: rolnictwo społecznie zrównoważone (koncepcja prof. A. Wosia i prof. J. Zegara), industrialne, ekologiczne. W świetle powyższych należałoby założyć, że rolnictwo nie może być rozpatrywane według kanonów ekonomii klasycznej, sprowadzających ten sektor do funkcji produkcyjnej. Konieczne jest, dostrzeżenie funkcji społecznej, środowiskowej w kontekście rozwoju obszarów wiejskich, jak i uwarunkowań globalnych. Jedną z przyczyn tego stanu są ułomności rynku deprecjonujące rolnictwo i obszary wiejskie. Czynniki produkcji zaangażowane w rolnictwie są częściowo wyłączone z mechanizmu przepływów międzygałęziowych w gospodarce, co rodzi określone dysparytety (dochodowe, społeczne). Wydaje się, że w recenzowanej pracy Autor w zbyt szerokim zakresie skoncentrował się wokół zagadnień industrialnego rozwoju rolnictwa, które polegają na intensyfikacji kapitałochłonnej. Tymczasem, pomimo że model ten przyczynił się do wzrostu wydajności i produkcji w rolnictwie nie rozwiązał problemów dochodowych. Napotka na bariery dalszego rozwoju w postaci ograniczeń środowiskowych, a także w coraz większym zakresie akceptacji społecznych. Trudno także zgodzić się z tym, że równolegle następuje ewolucja od chłopca do agrobiznesmena. Można bowiem wyobrazić sobie sytuację, w której rolnik osiąga satysfakcjonujący poziom dochodów przy wykorzystaniu ekstensywnego typu rozwoju (rolnictwo ekologiczne). W tym wypadku, a nie są to przecież wyjątki, bycie rolnikiem stanowi kwintesencję tego typu rol-

nictwa. Dlatego też ewolucja gospodarstw rolnych niekoniecznie oznaczać musi utratę „chłopskości”. Niedosyt wywołuje ponadto nieco zdawkowe potraktowanie w książce alternatywnych modeli rolnictwa, które co prawda są omawiane (np. s. 416), aczkolwiek bez pogłębionych analiz. Problematyka ta stanowi coraz szersze zainteresowanie ze strony środowiska ekonomistów rolnych, co wzmagane jest dodatkowo przez wzrost znaczenia aparatu badawczego instytucjonalizmu w naukach ekonomicznych.

Istotnym wątkiem rozważań w monografii są uwarunkowania i mechanizmy globalne w rozwoju rolnictwa (rozd. V). Powodują one presję na ograniczenie roli państwa w gospodarce, co powoduje określone perturbacje, zwłaszcza tam, gdzie interwencja jest wskazana. Symptomy globalizacji w historii gospodarczej świata występowały wielokrotnie. Przykładem w tym zakresie może być cesarstwo rzymskie, imperium Karola Wielkiego, czy brytyjskie. Pomimo że trudno w tych przypadkach mówić o roli nośników postępu we współczesnym znaczeniu, to w wymiarze unifikacji standardów rozwojowych można dopatrywać się analogii do aktualnej sytuacji. Można zaryzykować hipotezę, że w rozważaniach Autora dominuje idealizm materialistyczny wyrażający wręcz agnostyczne przekonanie co do nieuchronności zarówno procesów globalizacji, jak i związanej z tym jednej drogi (industrialnej, czy na wyższym etapie rozwojowym rolnictwo precyzyjne) procesów rozwojowych w rolnictwie. Jak zauważa Autor globalizacja sprzyja dalszemu rozwojowi rolnictwa typu intensywnego na skutek presji konkurencyjnej i tym samym procesom konwergencji rolnictwa rodzinnego. Z drugiej jednakże strony, co jest nieco słabiej wyeksponowane w pracy, istnieje tzw. mechanizm instytucjonalny (np. WPR UE), który poprzez stosowne instrumenty ekonomiczne, rozwiązania w zakresie standardów środowiskowych, zdrowotnych, technologicznych koryguje ów intensywny rozwój rolnictwa, stwarzając szansę dla innych modeli rozwoju rolnictwa, poprawę sytuacji dochodowej. Można stąd dojść do wniosku, że ów mechanizm jest koniecznym, choć niewystarczającym warunkiem zrównoważonego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich, jak również gospodarki i danych społeczeństw. Pozwala on jednocześnie na ograniczenie kosztów asymetrii nierównowagi podaźowej w rolnictwie oraz ograniczenie skutków ubocznych działania mechanizmu rynkowego.

Interesująca i odkrywczą jest hipoteza autora odnośnie tego, iż w „...miarę przechodzenia kraju na wyższy poziom rozwoju wzrasta znaczenie problemu dochodowego w rolnictwie” (s. 231). Mogłoby się bowiem wydawać, że omawiany problem zanika po przekroczeniu określonego poziomu rozwoju rolnictwa i gospodarki, kiedy następuje względne nasycenie tego sektora w nośniki postępu, kapitał, przy jednoczesnej intensyfikacji procesów integracyjnych. Okazuje się jednakże, że zarówno w krajach UE, jak i USA brak wsparcia dla rolnictwa oznaczałby jego marginalizację. Wynika to m.in. stąd, że gospodarka nie jest układem statycznym, lecz dynamicznym. Oznacza to, że osiągnięcie określonego nawet wysokiego poziomu rozwoju w omawianym sektorze, w warunkach ciągłej presji proefektywnościowej oznaczać może „zostawanie w tyle”. Dlatego potrzebna jest korekta instytucjonalna procesów rozwoju gospodarczego. Jednocześnie, jak podkreśla Autor,

„...realizacja dwu skrajnych modeli rozwiązań: państwowej gospodarki centralnie planowanej oraz wolnej gospodarki rynkowej” (s. 231) nie rozwiązuje problemów dochodowych. Dlatego konieczne jest znalezienie optimum pomiędzy tymi skrajnymi modelami.

Do zalet książki zaliczyć należy analizy procesów transformacji rolnictwa w Polsce. Jak zauważa autor, Polska w latach 1989–2005 znajdowała się pomiędzy rynkiem scentralizowanym, a niepełnym wolnym rynkiem (s. 373). Wynikało to m.in. z braku nowoczesnych instytucji rynkowych. Problem ten niejednokrotnie był już podnoszony w literaturze tematu, a podobne diagnozy stawiał m.in. prof. J. Wilkin. Jednocześnie prof. F. Tomczak krytycznie ocenia interwencję w rolnictwie w okresie do integracji z UE, co wiązało się z ograniczonymi możliwościami budżetowymi, jak i socjalnym jej charakterem. Ponadto zauważa, że możliwość przesunięcia części zasobów produkcyjnych z rolnictwa do działów pozarolniczych w Polsce oprócz wzrostu dochodów, poprawy efektywności może być znaczącym wkładem tego sektora w rozwój kraju (s. 428). Jeszcze kilka lat temu konkluzja ta mogłaby wydawać się przesadzona. Tymczasem znaczna emigracja zarobkowa obserwowana szczególnie od 2004 r. stanowi o jej aktualności.

W podsumowaniu można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że recenzowana książka wywołuje twórczy ferment w środowisku naukowym, co wskazywać może na jej wagę. Chodzi zwłaszcza o kwestię uniwersalnej wizji rozwoju rolnictwa w Polsce i na świecie, zaprezentowanej w omawianej monografii. Z drugiej strony drobne powtórzenia tekstu czy poruszone wątki polemiczne, nieco mniej gruntowne wyeksponowanie niektórych zagadnień wynikają z różnorodności poruszanych kwestii i stanowią szeroką platformę do dyskusji na temat przyszłości rozwoju rolnictwa. O wysokiej wartości książki decyduje także wielowątkowa identyfikacja zewnętrznych i wewnętrznych sił rozwojowych decydujących o rozwoju rolnictwa, co pozwala wzbogacić i rozszerzyć wiedzę z zakresu ekonomii rolnej. Należy podkreślić wszechstronność książki polegającą na tym, iż z powodzeniem może być przeznaczona zarówno dla studentów jak i pracowników naukowych, decydentów gospodarczych oraz dla szerokiego grona czytelników, związanych bezpośrednio lub pośrednio z rolnictwem, polityką regionalną oraz obszarami wiejskimi. Wynika to z kompleksowego, interdyscyplinarnego (co jest dość rzadkie w literaturze przedmiotu) ujęcia poruszanej problematyki. Stąd pozycja ta wypełnia istotną lukę na polskim rynku wydawniczym. Autor legitymuje się dużym, powszechnie znanym i akceptowanym dorobkiem naukowym, który umiejętnie zdyskontował. Bardzo dobry styl narracji i warsztat pisarski oraz pasja badawcza, jaką daje się odczuć po jej lekturze, sprawiają, iż monografia ta może zadowolić najwybredniejszych czytelników.

Aleksander Grzelak

*Katedra Makroekonomii i Gospodarki Żywnościowej
Akademia Ekonomiczna w Poznaniu
Al. Niepodległości 10, 60-967 Poznań*