Postępy nauk rolniczych

1/2007

Polska Akademia Nauk
Wydział Nauk
Rolniczych, Leśnych
i Weterynaryjnych

Dwumiesięcznik
nr 326 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 Mimisterstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Opracowanie redakcyjne, korekta i skład — Danuta Borecka

PL ISSN 0032-5547

Nakład 200 egz. Ark. wyd. 9,25. Ark. druk. 8.
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

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 3–16

Uwarunkowania rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce

Katarzyna Kucińska, Irmina Pelc, Arkadiusz Artyszak
Katedra Agronomii, Wydział Rolnictwa i Biologii,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,
02-766 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
e-mail: katarzyna_kucinska@sggw.pl

Słowa kluczowe: rolnictwo ekologiczne, żywność ekologiczna, świadomość ekologiczna konsumentów, regulacje prawne, Polska

Wstęp

Początkowo w wielu krajach, siłą napędową rozwoju rolnictwa ekologicznego, w przeciwieństwie do pozostałych systemów rolnictwa, było zapotrzebowanie konsumentów na produkty ekologiczne. Obecnie produkcja ekologiczna określana jest jako najszybciej rozwijający się sektor rolnictwa, szczególnie w krajach wysoko rozwiniętych, głównie dzięki pomocy państwowej organizowanej w ramach programów ekstensyfikacji [15, 21]. Jako kolejne przyczyny zainteresowania rolników rozwojem tego systemu gospodarowania Komorowska [15] wymienia również aktywny udział rolników w ochronie środowiska, zmianę stylu życia, dążenie do poprawy zdrowotności zwierząt, wyższe ceny produktów ekologicznych. W Polsce, w okresie po II wojnie światowej, przez dłuższy czas, tj. do roku 1998 rozwój rolnictwa ekologicznego był bardzo powolny. Pierwsza organizacja rolników ekologicznych – Stowarzyszenie Producentów Żywności Metodami Ekologicznymi EKOLAND, z siedzibą w Przysieku koło Torunia, została zarejestrowana 1 września 1989 r. Dzięki Stowarzyszeniu, już w 1990 r. 27 gospodarstw uzyskało certyfikaty, a ich liczba przez kolejne 8 lat wzrosła do 417 [39, 40]. Początkowo wiarygodność produkcji potwierdzali sami rolnicy, później organizacje rolników prowadzących gospodarstwa ekologiczne powoływały specjalne komisje inspekcji i atestacji, tworząc system kontroli wewnętrznej [19].

Obecnie popyt na żywność ekologiczną wzrasta, szczególnie w USA i krajach Unii Europejskiej, gdzie wiodącą rolę odgrywają kraje skandynawskie. Wymagania konsumentów odnośnie żywności ulegają zmianom. W latach osiemdziesiątych

najważniejszymi cechami artykułów spożywczych były według konsumentów wygląd zewnętrzny (wielkość, kolor, brak wad) oraz opakowanie. Obecne zainteresowania klientów skupiają się nie tylko na kryteriach handlowych, ale także na zdrowotnych (bezpieczeństwo dla zdrowia, wytwarzanie żywności bez środków chemicznych i pestycydów) i ekologicznych (produkty powinny być wytwarzane metodami nie niszczącymi środowiska) [2]. Wszystkie te warunki spełnia żywność ekologiczna. Jednym z czynników umocnienia jej pozycji na rynku jest zwiększenie popytu [33]. Podstawowymi czynnikami kształtującymi popyt na te produkty są rosnąca świadomość ekologiczna społeczeństwa, rozwój chorób cywilizacyjnych (nowotwory, alergie), wzrost poziomu dobrobytu ludności, lęk przed aferami żywnościowymi, takimi jak np. BSE. Jednakże niezbędne są również działania prowadzące do powołania wyspecjalizowanych instytucji do nawiązywania kontaktów handlowych z odbiorcami krajowymi i zagranicznymi [33].

Polska jest krajem, w którym uwarunkowania historyczne i polityczne niestety nie sprzyjają dynamicznemu wzrostowi świadomości ekologicznej konsumentów. Co prawda powierzchnia upraw ekologicznych wzrosła z 25 000 ha w 2000 r. do ponad 167 000 w 2005 r., lecz nadal jest to tylko nieco powyżej 1% użytków rolnych. Na rynku krajowym zwiększyła się dzięki temu podaż żywności ekologicznej, ale popyt pozostał na relatywnie niskim poziomie.

Bezpieczeństwo i wybrane cechy jakości żywności ekologicznej

Jak pisze Gawrońska-Kulesza za Szponarem [11], bezpieczeństwo żywności, to ogół warunków, które muszą być spełnione i działań, które muszą być podejmowane na wszelkich etapach produkcji i obrotu żywnością w celu zapewnienia zdrowia i życia człowieka. Celowi temu służą uchwalone akty prawne oraz powołane struktury organizacyjne mające czuwać nad jakością żywności i paszy oraz sprawować urzędową kontrolę nad łańcuchem żywnościowym od pola do konsumenta.

Chociaż rolnictwo ekologiczne jest przez zwolenników, powszechnie w świecie, uznawanym systemem gospodarowania, który może rozwiązać problemy związane z bezpieczeństwem żywności, to jednak w opinii zwolenników rolnictwa konwencjonalnego, produkty pochodzące z rolnictwa ekologicznego, na skutek niestosowania środków ochrony roślin, mogą zawierać więcej mikotoksyn i niebezpiecznych dla człowieka mikroorganizmów, takich jak np. *Salmonella* [35]. Badania porównujące zawartość mikotoksyn w ziarnie zbóż, prowadzone w wielu krajach Europy, także w Polsce, nie potwierdzają tej tezy [1, 4, 5, 10, 14, 25, 35, 36]. W badaniach IUNG-PIB [14] nie stwierdzono różnicy między zawartością mikotoksyn w ziarnie pochodzącym z uprawy w systemie konwencjonalnym i ekologicznym. Ziarno ekologiczne charakteryzowało się nawet nieznacznie niższą zawartością tych związków. Z kolei w bada-

niach jakości produktów pochodzenia zwierzęcego Schenweis i in. [32] stwierdzili istotnie niższą zawartość całkowitego zearalenonu (ZEN + alfa-ZEL + beta-ZEL) w próbkach żółci świń żywionych ziarnem pszenicy pochodzącym z uprawy ekologicznej niż w próbkach żółci świń żywionych ziarnem tych samych odmian pszenicy, lecz pochodzącym z uprawy konwencjonalnej [32].

Jak wskazują liczne badania europejskie, prowadzone m.in. przez Velimorov [36], Plochberger [25] czy cytowane przez Shmidta [31], Rembiałkowską [26, 27], Dasko [5], Baveca [1], nie ulega wątpliwości, że żywność pochodząca z rolnictwa ekologicznego charakteryzuje się istotnie większą zawartością suchej substancji, cukrów, związków mineralnych (głównie żelaza, magnezu i fosforu), cennych aminokwasów, witamin (C i z grupy B) oraz tzw. wtórnych metabolitów roślin, np. kwasów polifenolowych, które odgrywają ważną rolę w systemie obronnym roślin, jak również mają dobroczynny wpływ na zdrowie ludzi. Obecnie prowadzone są badania nad możliwością wykorzystania żywności ekologicznej w diecie ludzi przechodzących rekonwalescencję po przebytych chorobach nowotworowych [35, 38]. Ponadto badania prowadzone w Polsce, na przykład w IUNG-PIB Puławy [14], czy w SGGW [26, 27], jak i w innych krajach europejskich [1, 5, 35, 38] dowodzą, że żywność ekologiczna zawiera mniej azotanów i azotynów oraz pozostałości pestycydów, niż produkty pochodzące z rolnictwa konwencjonalnego. Ci sami autorzy [5, 14, 26, 27, 31, 35] podkreślają jednak, iż próbki żywności ekologicznej nie zawsze są lepsze od żywności pochodzącej z rolnictwa konwencjonalnego. Pogląd ten wyraża również Gawrońska-Kulesza powołując się na wyniki badań prowadzonych w latach dziewięćdziesiątych [11]. Dlatego też podstawą bezpieczeństwa żywności powinna być nie tylko kontrola procesu produkcji, jak ma to miejsce w gospodarstwach ekologicznych, ale również kontrola produktów żywnościowych, zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Świadomość ekologiczna konsumentów w Polsce

Badania konsumenckie prowadzone w Polsce po 2000 roku wykazały, że wśród ankietowanych połowa osób nie znała terminu żywność ekologiczna i nigdy nie spotkała się z tym terminem, bądź źle go definiowała. Drugą połowę stanowiły osoby znające żywność ekologiczną, a jej konsumentami było aż 23% respondentów [24]. Badania prowadzone przez Żakowską-Biemans pod koniec 2004 r. wykazały, że termin żywność ekologiczna znało już około 71% respondentów, jednak część z nich (35%) nadal go źle definiowała [42].

Wśród konsumentów żywności ekologicznej przeważają osoby do 45 roku życia (stanowią 57% ankietowanych) i osoby w wieku 46–65 lat (31%). Najmniej liczne grupy to osoby do 20 roku życia (9%) i powyżej 65 lat (12%). Ważnym czynnikiem w kontekście zakupów żywności ekologicznej jest również płeć. Badania Łaguny i Żuchowskiego [18] wykazały, że kobiety stanowią 63% klientów. Podobnie, badania

Żakowskiej-Biemans [42] dowodzą, że dokonują one zakupów żywności ekologicznej zdecydowanie częściej niż mężczyźni.

Wśród respondentów największą grupę stanowiły osoby z wykształceniem średnim – 44%, zawodowym – 33%, wyższym – 17%, a podstawowym – 6%. Wśród ludzi w wieku 21–45 lat dominowało wykształcenie wyższe lub średnie [18]. Według badań Pilarskiego i Grzybowskiej [24] 50,8% konsumentów żywności ekologicznej ma wykształcenie wyższe, 33,8% średnie, 15,4% zawodowe lub podstawowe. Są to osoby mieszkające głównie w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców (74%), najczęściej samotne lub z rodzin dwuosobowych. Są głównie pracownikami umysłowymi, menadżerami, studentami lub wykonują wolne zawody. Status materialny konsumentów żywności ekologicznej określany jest jako dobry.

Spośród ogólnych wydatków na żywność ekologiczną, 69,3% konsumenci przeznaczają na produkty roślinne. Z kolei spośród wydatków na produkty roślinne 32% przeznaczane jest na warzywa, 24,3% na przetwory zbożowe, 23,5% na ziemniaki i 20% na owoce. Produkty pochodzenia zwierzęcego stanowią 30,7% ogólnych wydatków na żywność ekologiczną, w tym mleko krowie stanowi 47%, mleko kozie 23%, jaja 13,2%, mięso 8,3%, a inne wyroby stanowią 8% [24].

Za najważniejsze cechy żywności ekologicznej konsumenci uznali zdrowotność; odżywczość, smak, kolor, świeżość i naturalność (dotyczy wyglądu i okresu przechowywania) [24]. Najwięcej zakupów produktów ekologicznych Polacy dokonują w specjalistycznych sklepach z żywnością ekologiczną. W następnej kolejności kupując bezpośrednio od rolnika – z gospodarstwa lub na targu oraz w sieci handlu spożywczego [24]. Żywność ekologiczną kupuje codziennie 8,2% ankietowanych osób, 41,1% raz w tygodniu, 23,3% raz w miesiącu, 27,4% rzadziej niż raz w miesiącu [23]. Według Pilarskiego i Grzybowskiej [24], osoby znające termin „żywność ekologiczna", ale jej nie spożywające, za główny powód niekupowania produktów ekologicznych wymieniały zbyt wąski asortyment, wysoką cenę, trudny dostęp w sprzedaży, brak zaufania do systemu kontroli i oznakowania. Ankietowani ocenili dostępność żywności ekologicznej jako bardzo dobrą – 7%, dobrą – 36%, złą – 52%, bardzo złą – 5% [23].

Prowadzone ostatnio badania [42] wykazały trzy podstawowe przyczyny braku zainteresowania zakupami żywności ekologicznej. Były to dostępność do żywności ekologicznej, do informacji o tej kategorii produktów żywnościowych i miejscach jej sprzedaży oraz zbyt wysokie ceny na żywność ekologiczną. Uwzględniając wszystkie walory żywności ekologicznej, 53% konsumentów zaakceptuje wzrost cen na produkty ekologiczne o 20%. Dalsze 25% respondentów jest w stanie zaakceptować wzrost cen o 21–30%. Pozostałe 22% ankietowanych będzie nadal kupować żywność ekologiczną nawet, jeśli jej ceny wzrosłyby powyżej 31% [24]. Jednakże badania Żakowskiej-Biemans [42] wskazują, że 22% badanych konsumentów określa poziom cen żywności ekologicznej jako wysoki, co istotnie wpływa na ograniczenie zainteresowania konsumentów tym rodzajem produktów.

Akty prawne dotyczące rolnictwa ekologicznego

W celu ochrony prawa konsumentów zainteresowanych żywnością ekologiczną i rolników ekologicznych przed nieuczciwą konkurencją ustanowiono jasne i jednolite standardy regulujące rolnictwo ekologiczne [13]. Dynamiczny rozwój rolnictwa ekologicznego na świecie oraz pojawienie niebezpieczeństwa wprowadzania do handlu fałszywych produktów ekologicznych, stworzyły konieczność ustanowienia norm prawnych dotyczących zasad produkcji, kontroli i znakowania żywności wytwarzanej metodami ekologicznymi [37].

Najistotniejszą rolę w tworzeniu regulacji prawnych dotyczących rolnictwa ekologicznego odegrała Międzynarodowa Federacja Rolnictwa Ekologicznego – IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). W 1982 r. opracowała ona „Standardy Rolnictwa Ekologicznego" (IFOAM Basic Standards for Organic Agriculture), które w 1992 r. zostały poszerzone o standardy dla przetwórstwa. Działalność IFOAM stała się punktem wyjścia dla międzynarodowego ustawodawstwa w zakresie żywności ekologicznej [16]. Standardy IFOAM mają charakter wytycznych, na podstawie których, organizacje członkowskie opracowują własne kryteria uwzględniające specyfikę danego kraju bądź regionu (IFOAM 2004).

Na początku lat dziewięćdziesiątych opracowano trzy podstawowe dokumenty dotyczące rolnictwa ekologicznego [37]:

- Wspólny program Komisji Kodeksu Żywnościowego FAO/WHO, opracowywany od 1991 r. jako projekt wytycznych w sprawie produkcji, przetwórstwa, znakowania oraz zbytu żywności wytwarzanej metodami ekologicznymi (Draft Guidelines for the Production, Processing, Labelling and Marketing of Organically Produced Foods).
- Amerykańska Ustawa o produkcji żywności ekologicznej (Organic Food Production Act of 1990, Title XXI).
- Rozporządzenie Rady EWG nr 2092/91 w sprawie rolnictwa ekologicznego oraz znakowania jego produktów i środków spożywczych z dnia 24 czerwca 1991 r. (Council Regulation (EEC) No 2092/91 on Organic Production of Agricultural Products and Indications Reffering on Agricultural Products and Foodstuffs, 24 June 1991). Rozporządzenie to zostało uzupełnione ponad 30 rozporządzeniami szczegółowymi [6].

W 1999 r. z inicjatywy WHO i FAO powstał także Kodeks Żywnościowy dla Żywności Ekologicznej (Codex Alimentarius). Standardy w nim zawarte mają charakter wytycznych, które mają ułatwić rządom w różnych krajach tworzenie własnych regulacji rolnictwa ekologicznego.

W krajach europejskich, takich jak np. Wielka Brytania, Dania, Austria, Szwecja, Szwajcaria, stowarzyszenia rolników ekologicznych utworzyły swoje własne standardy i systemy znakowania produktów ekologicznych na długo, zanim przepisy państwowe weszły w życie. Znaki te dzięki uznanej marce cieszą się zaufaniem konsumentów i są jednym z powodów obecnego rozkwitu rynku produktów ekologicznych w tych krajach [38].

Regulacje prawne w dziedzinie rolnictwa ekologicznego w Unii Europejskiej i w Polsce

Najwyższym rangą aktem prawnym dotyczącym rolnictwa ekologicznego obowiązującym w Unii Europejskiej jest Rozporządzenie EWG 2092/91 z dnia 24 czerwca 1991 r. w sprawie rolnictwa ekologicznego oraz znakowania jego produktów rolnych i środków spożywczych. Rozporządzenie to weszło w życie 1 stycznia 1992 r. i początkowo dotyczyło tylko produkcji roślinnej. W 1999 r. zostało uzupełnione o Rozporządzenie 1804/99 z 19 lipca 1999 r. regulującego produkcję zwierzęcą, które weszło w życie w sierpniu 2000 r. [28, 38].

Obecnie Rozporządzenie reguluje produkcję roślinną i zwierzęcą, znakowanie, przetwarzanie i marketing produktów ekologicznych oraz system inspekcji na terenie Unii Europejskiej, a także import produktów ekologicznych z krajów trzecich (tzn. nie będących członkami Unii). Rozporządzenie weszło w życie jako efekt wcześniejszych reform Wspólnej Polityki Rolnej (Common Agricultural Policy). Do końca lat osiemdziesiątych zrealizowany został najważniejszy punkt wcześniejszej polityki rolnej, której zadaniem było wygenerowanie takiej produktywności rolnictwa, aby zapewnić Wspólnocie Europejskiej samowystarczalność w zakresie produkcji żywności. Intensyfikacja rolnictwa oparta na istniejącym systemie interwencji na rynku rolnym Wspólnoty doprowadziła do wystąpienia problemu nadwyżek produkcji, które wymusiły dalsze reformy w kierunku promocji jakości żywności i zintegrowania ochrony środowiska z rolnictwem [12].

Rozporządzenie musi być wdrażane bezpośrednio w całości z mocą ustawy krajowej, w każdym państwie Unii. Dotyczy to również wszystkich przepisów prawa uzupełniających i rozszerzających pierwotne Rozporządzenie [36]. Wszystkich przepisów uzupełniających jest ponad trzydzieści [6]. W Polsce, wraz z rosnącym zainteresowaniem rolnictwem ekologicznym świata polityki i konsumentów, także zaistniała potrzeba stworzenia regulacji państwowych. Jak dotąd powstały trzy ustawy:

- z dnia 16 marca 2001 r. – Ustawa o rolnictwie ekologicznym [7],
- z dnia 18 grudnia 2003 r. – Ustawa o zmianie ustawy o jakości handlowej artykułów rolno-spożywczych oraz o zmianie innych ustaw [8],
- z dnia 20 kwietnia 2004 r. – Ustawa o rolnictwie ekologicznym [9], będąca nowelizacja Ustawy z dnia 16 marca 2001 r.

Perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce

Produkcja ekologiczna jest szansą wielu średnich i mniejszych, niespecjalistycznych gospodarstw. W wielu regionach Polski, ze względu na trudne warunki klimatyczne, glebowe, socjalne i ekonomiczne, produkcja rolna jest bliska ekologicznej. Istnieje potrzeba społeczna wsparcia finansowego, organizacyjnego i edukacyjnego dla produkcji ekologicznej, a także poprawy organizacji zbytu produktów ekologicznych.

Edukacja w rolnictwie ekologicznym

Jak twierdzi Lampkin [17], Caporali [3] czy Runowski [30] jednym z ważniejszych czynników warunkujących rozwój rolnictwa ekologicznego jest szerzenie wiedzy na temat tego sposobu gospodarowania, nie tylko wśród konsumentów i producentów, ale także wśród dzieci i młodzieży szkolnej. Od lat obserwuje się niepokojące zjawisko oddalania się od środowiska naturalnego, zwłaszcza wśród ludzi z dużych miast [17, 30]. Prowadzi to do zanikania związków z przyrodą, co pociąga za sobą brak zrozumienia i wrażliwości na otaczająca nas naturę. Większość krajów europejskich wprowadza programy edukacyjne do szkół. Także w Polsce realizowane są projekty podnoszące świadomość ekologiczną dzieci i młodzieży [30].

Zdaniem Lampkina [17], Caporali [3] i Runowskiego [30] działalność w rolnictwie ekologicznym wymaga szerokiej wiedzy o zależnościach zachodzących w środowisku, rasach zwierząt i odmianach roślin, standardach i regulacjach prawnych, jak również o tym, jak sprzedać i jak umiejętnie promować swą działalność itd. Wiadomości teoretyczne muszą być przekazywane razem z praktycznymi. Zdaniem Runowskiego, jedynie powiązanie wiedzy tradycyjnej i naukowej sprawia, że rolnictwo ekologiczne może rozwijać się i realizować swoje cele [30]. Dlatego też m.in. w wielu krajach Europy oprócz licznych szkoleń dla rolników ekologicznych, tworzone są studia ze specjalnością rolnictwo ekologiczne lub nawet kierunki studiów – rolnictwo ekologiczne. Studenci z Polski (np. z SGGW), dzięki europejskiemu programowi wymiany studentów Socrates–Erasmus [41] mogą podejmować tego rodzaju studia, np. w Danii (KVL), Niemczech (Kassel University), Włoszech (University of Torino oraz University of Viterbo), Wielkiej Brytanii (University of Aberystwyth), we Francji (ISARA), w Holandii (Wageningen Agricultural University), w Finlandii (University of Mikkeli) czy Słowenii (University of Maribor).

W Polsce badania nad poziomem wykształcenia rolników ekologicznych w stosunku do konwencjonalnych prowadził Runowski [30], który dowodzi, że gospodarstwa ekologiczne w Polsce prowadzone są przede wszystkim przez osoby w stosunkowo młodym wieku (średni wiek badanych rolników wynosił 41 lat) o przeciętnie lepszym niż w całym rolnictwie poziomie wykształcenia. Ankietowani kierownicy gospodarstw ekologicznych, częściej niż rolnicy z gospodarstw konwencjonalnych, ukończyli szkoły średnie lub wyższe, niekoniecznie rolnicze. Większość rolników ma długoletnie doświadczenie w prowadzeniu gospodarstwa rolniczego, choć w przypadku kierowników gospodarstw ekologicznych jest ono nieco krótsze niż w przypadku rolników prowadzących gospodarstwa konwencjonalne.

Wyniki badań prowadzonych w Holandii [35] wskazują, że nie tylko poziom wykształcenia rolników ekologicznych, ale również ich doświadczenie w prowadzeniu gospodarstwa ekologicznego ma związek z jakością produktów, a przede wszystkim z zawartością w nich związków toksycznych i szkodliwych.

Znakowanie w rolnictwie ekologicznym

Rolnictwo ekologiczne nie mogłoby istnieć, gdyby nie odpowiednie, uregulowane prawnie znakowanie produktów, które pozwala na odróżnienie ich spośród wielu produktów istniejących na rynku. Logo jest gwarantem dla konsumenta, że kupuje produkt o wysokiej jakości, który spełnia wszelkie wymogi zapisane w regulacjach. Ustawodawstwo gwarantuje, że nie może być ono zastosowane na produktach niespełniających norm i pozwala na ściganie nieuczciwych producentów bądź przetwórców, którzy używają danego logo bezprawnie i korzystają z wszelkich przywilejów płynących z tego faktu (np. wyższa cena takich produktów) [20, 22, 29, 39].

Mimo gwarancji dla konsumentów, jakie daje logo, w pewnych sytuacjach zamiast pomagać w rozwoju rolnictwa ekologicznego, logo jest utrudnieniem. Zarówno na rynku globalnym (światowym), jak i w obrębie danego państwa istnieje bardzo wiele różnych znaków, np. w Niemczech jest ich ok. 9. Może to być mylące dla konsumentów, szczególnie tych, którzy kupują produkty ekologiczne od niedawna. Istnieje niebezpieczeństwo, że zniechęcą się oni i zaczną się wycofywać z kupna żywności ekologicznej. Ta mnogość znaków i idących za nimi programów certyfikujących może przyczynić się do spowolnienia handlu produktami ekologicznymi. Dlatego w wielu państwach trwa debata na temat rozwiązania tego problemu. Z jednej strony promuje się pozostawienie wszystkich znaków obecnych na rynku, z drugiej strony wprowadzenie jednego, dobrze wypromowanego logo państwowego.

Wybór najlepszej opcji jest bardzo trudny. Na rynku funkcjonują znaki bardzo dobrze znane konsumentom, które kojarzą się im z bezpieczeństwem i wysoką jakością produktów i do których od lat są przyzwyczajeni. Zanik takich logo lub zastąpienie ich jednym znakiem może spowodować niezadowolenie konsumentów, co z pewnością odbije się niekorzystnie na rynku produktów ekologicznych. Idealnym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie kampanii informacyjnej na temat rolnictwa ekologicznego oraz promocja logo krajowego.

System certyfikacji i akredytacji

Dobrze skonstruowany system certyfikacji zapewnia wiarygodność produktom i buduje zaufanie konsumentów. Ważne dla przyszłości rolnictwa ekologicznego jest utrzymanie, a tam gdzie go nie ma wprowadzenie, wsparcia finansowego do kosztów certyfikacji, które producent musi pokryć ze środków własnych. Badania prowadzone m.in. w Danii i Wielkiej Brytanii [20, 22] wykazują, że wpływa to zachęcająco na producentów, którzy chcą przestawić swoje gospodarstwa z konwencjonalnych na ekologiczne.

Rundgren [29], Michelsen [20] czy Padel i in. [22] wskazują na znaczenie dla rozwoju rolnictwa ekologicznego, relacji między jednostkami akredytującymi i certyfikującymi. Ważny jest nie tylko nadzór, ale także ścisła współpraca między tymi

podmiotami, ponieważ pozwala ona na obniżenie kosztów i uniknięcie zbędnej biurokracji obu jednostkom, a także pozytywnie wpływa na jakość i wydajność systemu inspekcji i certyfikacji. Prace w zakresie kontroli mają na celu stworzenie jak najbardziej szczelnego systemu. Istotne jest także to, by system inspekcji i certyfikacji nie był nadmiernie obciążony zbędną biurokracją [38].

Rola wsparcia finansowego w rolnictwie ekologicznym

Zdaniem Rudgrena [29], wsparcie finansowe jest niezbędne szczególnie w okresie przestawiania gospodarstwa. W tym czasie rolnik ponosi znaczne nakłady finansowe na wprowadzanie metody ekologicznej (dostosowanie się do wymogów Ustawy), której towarzyszy m.in. spadek plonów i wzrost nakładów i kosztów pracy. Jednocześnie producent nie może sprzedawać swych produktów jako ekologiczne i uzyskiwać za nie wyższej ceny (może je oznaczać jako produkty „w trakcie okresu przestawiania"). Wsparcie finansowe w dalszym okresie jest także bardzo ważne, ponieważ pozwala rolnikowi na dalszy rozwój własny i gospodarstwa. Wsparcie oznacza też bezpieczeństwo. Rolnicy chętniej poeksperymentują i chętniej będą przestawiać swoje gospodarstwa wiedząc, że mają odpowiednie zaplecze finansowe. Jednakże wysokość wsparcia finansowego musi być naliczana rozsądnie, by nie doszło do przerostu podaży na popytem, co prowadzi do nadwyżek i spadku cen, na czym tracą sami rolnicy.

Podsumowanie

W podsumowaniu należy stwierdzić, że rolnictwo ekologiczne odgrywa ogromną rolę w urzeczywistnianiu idei zrównoważonego rozwoju oraz realizacji celów polityki ekologicznej państwa, również w zakresie wypełniania polskich zobowiązań międzynarodowych. Trzeba też podkreślić liczne atuty rolnictwa polskiego dla możliwości ekologicznego sposobu gospodarowania, szczególnie w regionach, gdzie warunki przyrodnicze i niski stopień uprzemysłowienia, a tym samym małe zanieczyszczenie środowiska naturalnego sprzyjają produkcji ekologicznej.

Jak twierdzi Szymona [34], wzrost liczby gospodarstw ekologicznych w Polsce następuje zbyt wolno. Jednak ekologiczny system gospodarowania ma szanse stać się znaczącym elementem rozwoju rolnictwa polskiego. Pożądany byłby wzrost udziału powierzchni gospodarstw ekologicznych do poziomu co najmniej 2% użytków rolnych, a docelowo nawet do 10–15 % [15]. Stale zwiększający się popyt na produkty ekologiczne w krajach Unii oraz poza nią, głównie w USA, to perspektywy dla rozwoju branży żywności ekologicznej w Polsce. Produkcja tego rodzaju żywności będzie w najbliższym czasie najbardziej opłacalnym kierunkiem polskiego eksportu płodów rolnych do krajów Unii Europejskiej [15, 34].

Uwarunkowania prawne obowiązujące w Polsce są wystarczające dla rozwoju rolnictwa ekologicznego. Natomiast podstawowymi problemami są:

- brak sprawnego systemu dystrybucji żywności ekologicznej,
- niewystarczające działania na szczeblu województw, w celu zwiększania popytu na żywność ekologiczną,
- brak wiedzy wśród konsumentów na temat żywności ekologicznej,
- ograniczony dostęp do produktów rolnictwa ekologicznego,
- wysoki poziom cen żywności ekologicznej.

Literatura

[1] Bavec F., Bavec M. 2006. Organic production and use of alternative crops. Wydawnictwo Taylor and Francis Group, LLC: 241 ss.

[2] Bołtromiuk A. 1999. Popyt na produkty rolnictwa ekologicznego w Polsce na tle krajów Unii Europejskiej. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej* 271–272: 40–51.

[3] Caporali F. 2004. Agriculture and health. The challenge of organic agriculture. Wydawnictwo EDITEAM s.a.s.: 97 ss.

[4] Champeil A., Fourbet J. F., Dore T., Rossignol L. 2004. Influence of cropping system on *Fusarium* head blight and mycotoxin levels in winter wheat. *Crop Protection* 23(6): 531–537

[5] Dasko L., Maquet A., Anklam E. 2006. Content of poliphenolic acids in organically and conventionally grown crops. Mat. konf. nauk. „Organic Farming and European Rural Development – European Joint Organic Congress". Odense, 30–31 V 2006: 618–619.

[6] Dz. U. nr 198, 22.7.1991. 1.

[7] Dz. U. z 2001 r., nr 38, poz. 452.

[8] Dz. U. z 2003 r., nr 223, poz. 2220.

[9] Dz. U. z 2004 r., nr 93, poz. 898.

[10] Fookes C. 2001. Myth and reality. Organic vs. non-organic. The facts. Wydawnictwo Soil Association: 32 ss.

[11] Gawrońska–Kulesza A., Lenart S. 2004. Czyste środowisko – lepsze produkty roślinne. Mat. konf. nauk. „Aspekty ekonomiczne, zdrowotne i fitosanitarne żywności modyfikowanej genetycznie". Piotrków Trybunalski 2004: 9–29.

[12] Guillou G., Scharpé A. 2000. Guide to Community rules. European Communities, Luxemburg.

[13] Gutkowska K., Żakowska-Biemans S. 2002. Rolnictwo ekologiczne w Polsce i na świecie. Aspekty prawne, terminologiczne, rynkowe. *Wieś i Rolnictwo* 1(114): 50–59.

[14] Jończyk K. 2006. Rolnictwo ekologiczne w badaniach IUNG-PIB Puławy. Mat. Konf. „Forum ekologiczne" IUNG-PIB Puławy. 28–29 VI 2006.

[15] Komorowska D. 2006. Perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce. *Problemy Rolnictwa Światowego*. Wydawnictwo SGGW. 15: 43–48.

[16] Krupińska W., Molenda M. 2001. Uwarunkowania rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce w procesie integracji z Unią Europejską. Gospodarka, człowiek, środowisko na obszarach wiejskich, Warszawa: 150–163.

[17] Lampkin N.H. 2002. Organic Farming. Wydawnictwo Old Pond Publishing, Ipswich: 478 ss.

[18] Łaguna M. Żuchowski I. 2000. Znaczenie badań preferencji konsumentów dla programowania produkcji żywności ekologicznej. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej. *Zeszyty Naukowe SGGW* 41: 175–184.

[19] Łuczka-Bakuła W. 2006. Rozwój rolnictwa ekologicznego w Polsce oraz dystrybucja i konsumpcja jego produktów. Biuro Informacji i Dokumentacji. Kancelaria Senatu RP. Seria Materiały. M-594, Wrzesień 2006. *Wieś i Rolnictwo* 2(127): 172–184.

[20] Michelsen J. 2001. Organic farming in a regulatory perspective. *The Danish Case. Sociologia Ruralis* 41: 62–84.

[21] Nasalski Z. 2006. Integracja pionowa producentów żywności ekologicznej. Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. *Roczniki Naukowe* 8(2): 14–149.

[22] Padel S., Lampkin N.H., Dabbert S., Foster C. 2002. Organic farming policy in the European Union. *Economics of Pesticides, Sustainable Food Production and Organic Food Markets* 4: 169–194.

[23] Pałasz L. 2003. Rolnictwo ekologiczne w produkcji zdrowej żywności w Polsce i Unii Europejskiej. Prace naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu 983: 167–176.

[24] Pilarski S., Grzybowska, M. 2002. Stan i uwarunkowania popytu na żywność ekologiczną. Roczniki Nauk Rolniczych, seria G, nr 2: 53–64.

[25] Plochberger K. 1989. Feeding experiments: A criterion for quality estimation of biologically and conventionally produced foods. Agriculture, Ecosystem, Environment 27: 419.

[26] Rembiałkowska E. 2000. Zdrowotna i sensoryczna jakość ziemniaków oraz wybranych warzyw z gospodarstw ekologicznych.. Praca habilitacyjna. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa: 116 ss.

[27] Rembiałkowska E. 2006. Organic food quality – axioms and ambiguities. Mat. konf. nauk. „Organic Farming and European Rural Development – European Joint Organic Congress". Odense, 30–31 V 2006: 626–627.

[28] Rozporządzenie EWG 2092/91 z dnia 24 czerwca 1991 r.

[29] Rundgren G. 2000. Guaranteeing the organic quality. Standards, inspection, certification, accreditation and regulations. Mat. konf. "Entering World Organic Trade". Bangkok, 28 XI 2000.

[30] Runowski H. 1996. Ograniczenia i szanse rolnictwo ekologicznego. Wydawnictwo SGGW: 7–9, 130–155, 263–269.

[31] Schmidt C., Lűck L., Shotton P., Seal C., Brandt K., Leifert C. 2006. Effect of organic and conventional crop production systems on food quality and safety. Mat. konf. nauk. „Organic Farming and European Rural Development – European Joint Organic Congress". Odense, 30–31 V 2006: 604–605.

[32] Scheneweis I., Meyer K., Ritzmann M., Hoffmann P., Dempfel L., Bauer J. 2005. Influence of organically or conventionally produced wheat on health, performance and mycotoxin residues in tissues and bile of growing pigs. *Anim. Nutr*. 59(3): 155–163.

[33] Sławiński K. Sadowski W. 2005. Ocena zbytu produktów z gospodarstw ekologicznych w województwie zachodniopomorskim. Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, *Roczniki Naukowe* 7(2): 204–207.

[34] Szymona J. 2006. Ekonomiczne, organizacyjne i finansowe problemy funkcjonowania gospodarstw ekologicznych. Mat. Konf. Senatu RP „Rolnictwo ekologiczne – stan obecny i perspektywy rozwoju" 12 IX 2006.

[35] Van de Vijver L.P.L., Hoogenboom L.A.P., Broex N.J.G., van der Roest J., Bokhorst J.G., Northolt M.D., Mevius D., Meijs J.A.C. 2006. Contaminants and micro-organisms in organic and conventional food products. Mat. konf. nauk. „Organic Farming and European Rural Development – European Joint Organic Congress". Odense, 30–31 V 2006: 600–601.

[36] Velimorov A. et al. 1992. The influence of biologically and conventionally cultivated food on the fertility of rats. *Biol. Agric. Hortic*. 8: 325.

[37] Wiklin J. 2003. Podstawy strategii zintegrowanego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce. Wydawnictwo UW, Wydział Nauk Ekonomicznych, Warszawa.

[38] Willer H., Yussefi M. 2004. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends. Wydawnictwo IFOAM, Bonn, Niemcy.

[39] www.ekoland.org.pl

[40] www.ijhars.gov.pl

[41] www.sggw.waw.pl/cpe/socrates/index.html

[42] Żakowska-Biemans S. 2005. Bariery zakupu żywności ekologicznej w opinii polskich konsumentów. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, Roczniki Naukowe* 7(3): 203–207.

Conditions of organic farming development in Poland

Key words: organic agriculture, organic food, organic knowledge of consumers, law regulations, Poland

Summary

Even though the development of organic agriculture in Poland is dynamic, the total area of organic farms just exceed 1% what is less than the average in other countries of European Union. Research shows that the main barriers to dynamic development of organic farming consist in the shortage of adequate consumers' knowledge, lack of an efficient distribution system for organic products in Poland and abroad, as well as too high prices of the organic food. Legal regulations established before and after joining the European Union, in spite of some shortcomings, are not any impediment for organic farming development.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 15–23

Biopaliwowy etanol z lignocelulozy (biomasy roślinnej): osiągnięcia, problemy, perspektywy

Andrzej Sybirny[1], Włodzimierz Sybirny[2], Czesław Puchalski[3]
[1] Katedra Inżynierii Metabolicznej, Uniwersytet Rzeszowski,
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów,
Instytut Biologii Komórki Ukraińskiej Akademii Nauk we Lwowie
e-mail: sibirny@univ.rzeszow.pl
[2] Katedra Inżynierii Metabolicznej, Uniwersytet Rzeszowski,
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów, e-mail: vsibirny@univ.rzeszow.pl
[3] Katedra Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Rzeszowski
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów, e-mail: cpuchal@univ.rzeszow.pl

Słowa kluczowe: etanol, biopaliwo, fermentacja alkoholowa, lignoceluloza, inżynieria metaboliczna

Wstęp

Obecne czasy charakteryzują się stałym wzrostem cen paliw, szczególnie ropy, oraz zmniejszeniem zasobów ropy. Według prognoz zasoby ropy będą praktycznie wyczerpane około 2050 roku [8]. Natomiast rozwój cywilizacyjny przyczynia się do ciągłego wzrostu zapotrzebowania na energię. Najbardziej znaczące jest zapotrzebowanie na paliwa płynne, które wykorzystuje się w silnikach spalinowych. Dlatego nie dziwi fakt, że w ostatnich latach wzrasta zainteresowanie możliwościami wykorzystania odnawialnych surowców, w tym biomasy roślin, jako niewyczerpalnego źródła płynnego paliwa. Uprawy roślin oleistych mogą służyć jako surowiec do produkcji biodiesla, który w przyszłości może całkowicie zastąpić obecny olej napędowy otrzymywany z ropy naftowej. Tak samo benzyna może w przyszłości być całkowicie zastąpiona alkoholem etylowym produkowanym z biomasy roślin, który obecnie wykorzystuje się jako dodatek do benzyn [18]. Produkcja etanolu przyczyni się do tworzenia nowych miejsc pracy i przyniesie dodatkowe dochody rolnikom. Celem naszego przeglądu jest przeanalizowanie stanu obecnego i perspektyw otrzymania paliwowego etanolu z biomasy roślin.

Możliwości produkcji etanolu

Światowa produkcja etanolu w 1998 roku wyniosła 31,2, natomiast w 2006 ok. 50 mld litrów [5, 26], z których tylko ok. 7% otrzymano sposobem chemicznym z gazu czy węgla, a reszta 93% – na drodze mikrobiologicznej fermentacji. Produkcja etanolu i napojów alkoholowych obecnie stanowi największą gałąź biotechnologii ze względu na duży popyt. Warto zaznaczyć, że tylko 15% etanolu wykorzystuje się do przygotowywania mocnych napojów alkoholowych oraz 15% – w przemyśle chemicznym i innych branżach. Pozostałe 70% znajduje zastosowanie jako paliwo w silnikach spalinowych. Największymi producentami etanolu są USA i Brazylia, które wyprodukowały łącznie w 1998 i 2006 roku odpowiednio 19,9 i 35,4 mld l, natomiast UE – 2 i 3,4 mld l. Największym producentem bioetanolu w Europie jest Hiszpania (200 mln l), a następnie Francja (ponad 100 mln l). W roku 2007 Francja przewiduje wzrost produkcji etanolu do poziomu 1,3 mld l, natomiast w Niemczech wyniesie ona 650 mln l. [26].

Prawie cały etanol wyprodukowany w Brazylii zużywany jest jako paliwo, podczas gdy w Stanach Zjednoczonych w tym celu wykorzystuje się około 90%. W UE zawartość biopaliwa w paliwie silnikowym powinna obecnie wynosić 2,75%, a do roku 2010 przewiduje się wzrost do ok. 6%.

Prognoza wykorzystania energii odnawialnej (OZE) w Polsce w ogólnym bilansie energii pierwotnej pokazuje, że do roku 2020 wzrośnie ono z 1–2,5% do powyżej 14%, a w UE z 6% do ponad 20% [18]. Wymagany roczny przyrost OZE w stosunku do biomasy powinien sięgać 10,3% [23]. Można przewidywać, na podstawie posiadanych zasobów i postępu technologicznego, że w strukturze wykorzystywanych paliw alternatywnych paliwa pierwszej generacji (bioetanol, biodiesel) będą do roku 2020 stanowić ok. 20%, natomiast udział paliw drugiej i trzeciej generacji (w tym bioetanol z lignocelulozy i wodór) przekroczy 50%.

Etanol otrzymuje się z tradycyjnych surowców: cukru (sacharozy) i skrobi. Brazylia w tym celu wykorzystuje głównie trzcinę cukrową, USA – skrobię kukurydzianą, a w krajach UE dodatkowo skrobię z ziaren zbóż i ziemniaków albo cukier z melasy (odpadów cukrowni). Technologia otrzymania etanolu z cukru jest już sprawdzona i powszechnie stosowana, natomiast w przypadku skrobi proces przetwarzania jest bardziej złożony [24]. Uwarunkowania dotyczące produkcji etanolu paliwowego i benzyny przedstawiono w tabeli 1.

Etanol jest paliwem bardziej ekologicznym w stosunku do tradycyjnego paliwa, z powodu mniejszej ilości czadu i innych produktów niepełnego utlenienia w spalinach [7]. Zawiera on 35% tlenu, w wyniku czego uzyskuje się spalanie zupełne i całkowite. Jeszcze bardziej istotnym aspektem jest pozytywne działanie biotechnologicznej produkcji etanolu jako paliwa na globalny efekt cieplarniany, który przeważnie jest spowodowany emisją do atmosfery dwutlenku węgla w wyniku spalania paliwa węglowodorowego. Spalanie etanolu otrzymanego z biomasy nie prowadzi do dodatkowej emisji CO_2 do atmosfery, ponieważ takie same jego ilości byłyby uwolnione wskutek krążenia węgla, spowodowanego działalnością drobnoustrojów [15].

Tabela 1. Czynniki warunkujące możliwości produkcji etanolu i benzyny [24, 27]

Kryteria	Rodzaj paliwa	
	etanol	benzyna
Baza surowcowa	nieograniczona po uwzględnieniu biomasy (lignocelulozy)	ograniczona
Technologia	dostępna na etapie udoskonalania	powszechnie stosowana
Parametry paliwa	wysoka liczba oktanowa i ciśnienie parowania, paliwo ekologiczne, łatwo ulega biodegradacji	wysoka wartość energetyczna

Etanol to stosunkowo tani produkt biotechnologiczny (low value-added product), udział surowca (cukru, skrobi) stanowi ok. 40% w całkowitych kosztach produkcji etanolu [28]. Jednak czynnikiem ograniczającym jest baza surowcowa do produkcji cukru ze skrobi. Dlatego biomasa roślin stanowi potencjalne nieograniczone źródło do produkcji paliwowego etanolu. Do biomasy zalicza się uprawowe rośliny energetyczne (wierzbę, sorgo, olchę, osikę), odpady rolnictwa (słomę, kolby kukurydziane, odpady słonecznika itp.), odpady przemysłu obróbki drewna oraz celulozowo-papierniczego, odpady komunalne, które w 40–50% składają się z biomasy roślinnej. Obliczono, że przetworzenie makulatury i komunalnych odpadów w USA na etanol może dostarczać corocznie 400 mld l etanolu [16]. Potencjalnie kraj ten może przerabiać 2,45 mld ton lignocelulozy produkując 1050 mld l etanolu rocznie, co ponad dwukrotnie przewyższa roczne zużycie benzyny w USA [2].

Główny składnik biomasy, wykorzystywany do produkcji etanolu, stanowi lignoceluloza (heteropolimer), która składa się z celulozy, różnych hemiceluloz oraz ligniny [14].

Charakterystyka głównych składników strukturalnych lignocelulozy w aspekcie ich hydrolizy

Lignoceluloza ma złożoną strukturę, w porównaniu do skrobi czy sacharozy, która stanowi główną przyczynę braku opłacalnej technologii jej konwersji do etanolu. Głównymi składnikami lignocelulozy są: celuloza, która stanowi 40%, hemiceluloza – 35% i lignina – 25%. [25]. Celuloza i hemicelulozy są polimerami cukrów, podczas gdy lignina jest aromatycznym heteropolimerem. Tylko produkty hydrolizy polimerów cukrów, celulozy i hemicelulozy, mogą być wykorzystywane jako substraty do biotechnologicznej konwersji do etanolu. Spośród materiałów biologicznych największa zawartość hemicelulozy występuje w liściach, natomiast celulozy – w papierze (tab. 2).

Celuloza – to najbardziej rozpowszechniony polimer w naturze (liniowy polimer, który składa się z tysiąca cząsteczek bezwodnej glukozy połączonych ze sobą wiązaniem β-glikozydowym; każdy łańcuch za pomocą wiązań wodorowych łączy się z innymi 30–50 łańcuchami tworząc fibryle elementarne). Celobioza ma strukturę krystaliczną, a fibryle celulozy są otoczone warstwami hemicelulozy i ligniny. Z tych powodów celuloza jest bardzo odporna na hydrolizę [25].

Tabela 2. Zawartość celulozy, hemicelulozy i ligniny w wybranych materiałach [20]

Surowiec	Zawartość celulozy [%]	Zawartość hemicelulozy [%]	Zawartość ligniny [%]
Liście	15	85	>0
Łupiny orzecha	25		40
Bawełna	>95	15–20	
Papier	85–99	>0	>0

Natomiast hemiceluloza, w porównaniu z celulozą, stosunkowo łatwo ulega hydrolizie [6]. Wynika to z innej budowy strukturalnej. Hemiceluloza stanowi rozgałęzione heteropolimery różnych cukrów: pentoz (D-ksyloza, L-arabinoza), heksoz (D-galaktoza, L-galaktoza, D-mannoza, D-glukoza, L-ramnoza, L-fukoza) oraz kwasów uronowych (przeważnie kwas D-glukuronowy). Istnieje dużo różnych typów hemiceluloz. Jedną z najbardziej rozpowszechnionych hemiceluloz jest ksylan, heteropolimer, który przeważnie składa się z reszt ksylozy, połączonych ze sobą β(1,4)-glikozydowymi wiązaniami, z niewielkimi ilościami reszt arabinozy i kwasu glukuronowego. Często spotyka się także galaktoglukomannan, którego główny łańcuch składa się z reszt mannozy i glukozy [3].

Lignina nie jest wykorzystywana w procesie przetwarzania na etanol. Jest ona najbardziej rozpowszechnionym aromatycznym polimerem w przyrodzie, który składa się z trzech aromatycznych alkoholi – trans-para-kumarylowego, trans-para-koniferylowego i trans-para-synapilowego oraz niektórych kwasów aromatycznych [13].

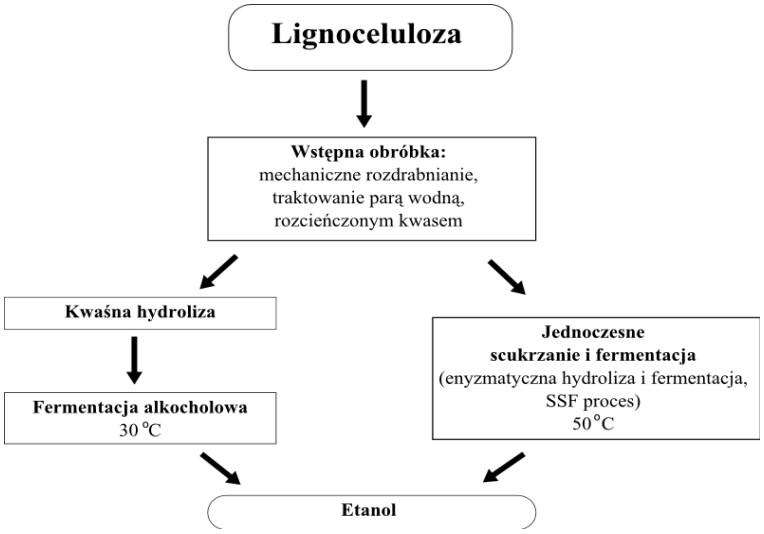
Problemy związane z przetwarzaniem lignocelulozy do etanolu

Fermentacja lignocelulozy składa się z kilku etapów (rys. 1):

1) wstępnej obróbki łącznie z delignifikacją (oddzieleniem ligniny);
2) hydrolizy;
3) fermentacji alkoholowej.

Wstępna obróbka potrzebna jest do: częściowej degradacji fibryl celulozowych, zmniejszenia stopnia jej krystalizacji i polimeryzacji, oddzielenia hemicelulozy, degradacji kompleksu celulozy z ligniną i modyfikacji struktury ligniny, zwiększenia powierzchni dostępnej na działanie enzymów hydrolitycznych, a także do oddzielenia ligniny (delignifikacji). Obejmuje ona mechaniczne rozdrobnienie roślinnej biomasy, następnie traktowanie gorącą parą wodną i działanie kwasami albo zasadami w celu delignifikacji [24]. Nowoczesnym sposobem delignifikacji może być wykorzystanie grzybów zdolnych do degradacji tego polimeru, na przykład *Phanerochaete chrysosporium* Burdsall [9]. W wyniku wstępnej obróbki osiąga się nie tylko delignifikację, ale także częściową hydrolizę hemiceluloz i celuloz.

Hydroliza celulozy i hemicelulozy do monosacharydów może odbywać się za pomocy kwasów lub enzymów (tab. 3). Do kwaśnej hydrolizy może być stosowany rozcieńczony lub stężony kwas siarkowy lub kwas solny. Hydroliza rozcieńczonym



Rysunek 1. Technologiczne etapy przekształcenia lignocelulozy na etanol

kwasem siarkowym jest tania, ale przyczynia się do tworzenia dużej ilości toksycznych ubocznych produktów, które hamują wzrost i fermentację drobnoustrojów (furfural i metylofurfural, kwas octowy i mrówkowy, fenole). Hydroliza stężonymi kwasami daje mniejszą ilość toksycznych produktów ubocznych, jednak proces ten jest droższy i stwarza problemy ekologiczne.

Najbardziej efektywną i perspektywiczną metodą hydrolizy wstępnie obrobionej lignocelulozy jest metoda enzymatyczna. Proces ten odbywa się z udziałem celulaz i hemicelulaz pro- i eukariotycznych drobnoustrojów, przeważnie grzybów. W tym zakresie najlepiej zbadany jest celulozowy kompleks z grzyba *Trichoderma reesii* [1, 19]. Końcowym produktem działania enzymów jest disacharyd celobioza, która rozkłada się do glukozy przy pomocy celobiazy. Spośród hemicelulaz największe zastosowanie znalazły ksylanazy [4].

Zastosowanie enzymatycznej hydrolizy w praktyce napotyka wiele przeszkód. Jedną z nich jest wysoka cena celulaz i hemicelulaz. Innym negatywnym czynnikiem jest silne hamowanie enzymatycznej hydrolizy przez mono- i oligosacharydy, które powstają podczas działania celulaz i hemicelulaz [11]. W celu uniknięcia negatywnego hamowania hydrolizy enzymatycznej należy jednocześnie za pomocą drobnoustrojów fermentować cukry do etanolu (rys. 1). Taki proces (tak zwane jednoczesne

Tabela 3. Metody hydrolizy celulozy i hemicelulozy [11, 29]

Kryteria oceny	Metody hydrolizy celulozy i hemicelulozy	
	kwaśna	enzymatyczna
Czynnik	kwas siarkowy lub solny	celulazy, hemicelulazy, grzyby
Skutki uboczne	toksyczne produkty	tworzenie związków hamujących proces hydrolizy

scukrzanie i fermentacja – Simultaneous Saccharification and Fermentation, SSF) jest istotnie bardziej wydajnym procesem w porównaniu do etapowych procesów, scukrzania, a następnie fermentacji [4, 29]. Istotnym nierozwiązanym problemem SSF jest jednak dokonanie właściwego doboru parametrów procesowych. Optymalna temperatura działania celulaz wynosi od ok. 50–55°C, podczas gdy dla większości znanych drobnoustrojów prowadzących fermentację alkoholową waha się ona w granicach 30–40°C [11]. Poszukiwanie termotolerancyjnych gatunków drożdży zdolnych do fermentacji głównych cukrów z hydrolizatów lignocelulozy w temperaturach około 50°C dotychczas się nie powiodło.

Wymagania dotyczące drobnoustroju, który prowadzi fermentację alkoholową cukrów są znacznie wyższe niż w stosunku do organizmu fermentującego produkt w czasie hydrolizy. Drobnoustrój fermentujący hydrolizat lignocelulozy musi być zdolny do efektywnej fermentacji głównych cukrów, do których należą glukoza i ksyloza, a także mannoza, galaktoza oraz L-arabinoza [12]. Wymagania dotyczące efektywności fermentacji są określane za pomocą następujących wskaźników: ilości pozyskanego etanolu z jednostki substratu, która powinna wynosić 90% i produktywności nie mniejszej niż 1 g etanolu z jednego litra w ciągu 1 godz. [29]. Dodatkowe wymagania dotyczące szczepów wykorzystywanych do alkoholowej fermentacji lignocelulozy przedstawiono w tabeli 4. Dotychczas nie znaleziono w przyrodzie i nie skonstruowano w laboratorium żadnego drobnoustroju, który całkowicie odpowiadałby powyższym kryteriom.

Obecnie prowadzi się badania w dziedzinie inżynierii metabolicznej drobnoustrojów w celu stworzenia efektywnych warunków produkcji paliwowego etanolu z lignocelulozy. Badania te prowadzone są w nowoczesnych laboratoriach wielu państw (USA, Kanada, Szwecja, Dania, Finlandia, Niemcy, Chiny itd.). Przez okres ostatnich 15 lat w światowej literaturze opublikowano ponad 1200 artykułów z dziedziny fermentacji alkoholowej lignocelulozy, to znaczy że corocznie ukazuje się ok. 80–100 artykułów na ten temat.

Dotychczas znane są 2 drobnoustroje zdolne do efektywnej alkoholowej fermentacji glukozy i sacharozy. Do nich należą drożdże *Saccharomyces cerevisiae* (Meyen ex E.C. Hansen) (które wykorzystywane są do otrzymywania etanolu i napojów

Tabela 4. Wymagania stawiane szczepom wykorzystywanym w alkoholowej fermentacji lignocellulozy [29]

Lp.	Wymagania
1.	Wysoka odporność na działanie stężonego etanolu
2.	Wysoka termotolerancyjność
3.	Odporność na działanie toksycznych substancji wydzielanych podczas hydrolizy
4.	Tworzenie minimalnej ilości produktów ubocznych
5.	Zdolność do jednoczesnej utylizacji substratów węglowych
6.	Niepatogenność
7.	Minimalne zapotrzebowanie żywieniowe szczepów

alkoholowych już od tysiąca lat) oraz bakterie *Zymomonas mobilis* (które wykorzystuje się do produkcji napoju alkoholowego „pulke" z soku agawy w Meksyku). Obydwa drobnoustroje wykazują wysoką odporność na działanie etanolu, tolerując stężenie do 18% w przypadku drożdży oraz 12% – bakterii. Ponadto są one mezofilami i nie są zdolne do fermentacji pentoz [10]. Optymalna temperatura wzrostu i fermentacji dla obu tych organizmów wynosi od 30 do 40°C [14, 29].

Zasadniczym problemem w inżynierii metabolicznej przy produkcji etanolu z lignocelulozy jest konstruowanie drobnoustrojów zdolnych efektywnie fermentować główne cukry lignocelulozy, glukozę, ksylozę i inne heksozy. Fermentację glukozy i innych heksoz wykonuje się bezproblemowo, natomiast w przypadku ksylozy istnieje potrzeba skonstruowania szczepów, które wykazywałyby zwiększoną wydajność procesu fermentacji. Znane są niektóre bakterie i drożdże zdolne do fermentacji nie tylko glukozy, ale i ksylozy, jednak wykazują one niską wydajność fermentacji oraz niedostateczną tolerancję na działanie etanolu. W związku z tym, głównym kierunkiem prowadzonych badań jest poprawienie na drodze genetyczno-inżynieryjnych manipulacji metabolizmu ksylozy, arabinozy i innych substratów, w celu polepszenia efektywności oraz wydajności syntezy etanolu. Inne badania zmierzają w kierunku polepszenia parametrów fermentacji heksoz i pentoz przez drobnoustroje (bakterie *Escherichia coli* (Migula) Castellani & Chalmers, *Klebsiella oxytoca*, drożdże *Pichia stipitis*, *Hansenula polymorpha*), które do tej pory nie były wykorzystywane do produkcji alkoholu etylowego.

Pomimo wieloletnich badań, dotychczas nie została opracowana komercyjna technologia otrzymywania etanolu z lignocelulozy. Stwierdzono, że efektywność procesu przetwarzania jest wyższa u bakterii, natomiast drożdże mają szereg technologicznych zalet. Komórki drożdży są większe, dlatego łatwiej je oddzielić z hodowli i nie są wrażliwe na infekcję fagową (fagolizę). Oprócz tego warto pamiętać, że człowiek wykorzystywał drożdże do przemysłowej produkcji etanolu z konwencjonalnego surowca w ciągu stuleci, tak więc istnieje doskonale opracowana technologia przemysłowa, która z pewnymi modyfikacjami może być zastosowana przy produkcji etanolu z lignocelulozy z udziałem drożdży.

Wnioski

1. Jednym z najważniejszych sposobów przezwyciężenia kryzysu paliwowego jest produkcja biopaliw, w tym bioetanolu z odnawialnych źródeł.
2. Najbardziej aktualnym dla Polski jest opracowanie metod produkcji bioetanolu z odpadów biomasy roślinnej, której głównym komponentem jest lignoceluloza.
3. W celu uzyskania ekonomicznej technologii pozyskania etanolu z lignocelulozy konieczne są dalsze badania naukowe, których efektem będzie skonstruowanie szczepów drobnoustrojów zdolnych do efektywnej fermentacji komponentów lignocelulozy.

Literatura

[1] Abuja P.M., Pilz I., Claeyssens M., Tomme P. 1988. Domain structure of cellobiohydrolase II as studied by small angle X-ray scattering: close resemblance to cellobiohydrolase I. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 156: 180–185.

[2] Aristidou A., Penttila M. 2000. Metabolic engineering applications to renewable resource utilization. *Curr. Opin. Biotechnol*. 11: 187–198.

[3] Bastawde K.B. 1992. Xylan structure, microbial xylanases and their mode of action. *World J. Microbiol. Biotechnol*. 8: 353–368.

[4] Beg Q.K., Kapoor M., Mahajan L., Hoondal G.S. 2001. Microbial xylanases and their inductrial applications: a review. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 56: 326–338.

[5] Berg C. 1999. World ethanol production and trade to 2000 and beyond. http://www.distill.com/berg/

[6] Brigham J.S., Adney W.S., Himmel M.E. 1996. Hemicelluloses: diversity and applications. W: Wyman C.E. (red.) Handbook on bioethanol: production and utilization. Taylor and Francis, Washington DC: 119–142.

[7] Brown M.A., Levine M.D., Romm J.P.R.A.H., Koomey J.G. 1998. Engineering-economic studies of energy technologies to reduce greenhouse emissions: opportunities and challenges. *Ann. Rev. Energy Environ*. 23: 31–39.

[8] Campbell C.J., Laherrere J.H. 1998. The end of cheap oil. *Scientific American* 78–83.

[9] Howard R.L., Abotsi E, Jansen van Rensburg E.L., Howard S. 2003. Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. *African Journal of Biotechnology* 2: 602–619.

[10] Jeffries T.W. 2005. Ethanol fermentation on the move. *Nature* 23: 40–41.

[11] Jeffries T.W., Jin Y.-S. 2000. Ethanol and thermotolerance in the bioconversion of xylose by yeasts. *Adv. Appl. Microbio*. 47: 221–268.

[12] Jeffries T.W., Jin Y.-S. 2004. Metabolic engineering for improved fermentation of pentoses by yeasts. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 63: 495–509.

[13] Kirk T.K., Connors W.J., Zeikus J.G. 1977. Advances in understanding the microbiological degradation of lignin. W: Loewus F.A., Runeckles V.C. (red.) The structure, biosynthesis and degradation of wood. Plenum, New York: 369–394.

[14] Lin Y., Tanaka S. 2005. Ethanol fermentation form biomass resources: current state and prospects. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 6: 1–16.

[15] Lynd L.R. 1996. Overview and evaluation of fuel ethanol from cellulosic biomass: technology, economics, the environment and policy. *Ann. Rev. Energy Environ*. 21: 403–465.

[16] Lynd L.R., Lyford K., South C.R., van Walsum G.P., Levenson K. 1991. Evaluation of paper sludges for amenability to enzymatic hydrolysis and conversion to ethanol. *Tappi J*. 82: 1–19.

[17] Ministerstwo Rolnictwa. 2003. Material przygotowany na posiedzenie komisji Rolnictwa i Rozwoju Wsi. *Cieplne maszyny przepływowe* 124: 101–115.

[18] Monique H., Faaij A., van den Broek R., Berndes G., Gielen D., Turkenburg W. 2003. Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass Bioenergy* 25: 119–133.

[19] Rabinovich M.L., Melnik M.C., Bolobova A.V. 2002. Microbial cellulases. *Applied Biochem. Microbiol*. (Moscow). 38: 305–321. [In Russian]

[20] Sun Y., Cheng J. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresour. Technol*. 83: 1–11.

[21] Szczukowski S., Tworkowski J., Piechocki J. 2001. Nowe trendy wykorzystania biomasy pozyskiwanej na gruntach rolniczych do otrzymywania energii. *Post. Nauk Rol*. 6: 87–96.

[22] Szczukowski S., Tworkowski J. 2003. Produkcja wieloletnich roślin energetycznych w regionie Warmii i Mazur – stan aktualny i perspektywy. *Post. Nauk Rol*. 3: 75–84.

[23] Wach E. 2004. Wykorzystanie odnawialnych zasobów energii w Unii Europejskiej – osiągnięcia i plany. *Czysta energia* 3: 16–18.

[24] Wheals A.E., Basso L.C., Alves D.M.G., Amorim H.V. 1999. Fuel ethanol after 25 years. *Trends in Biotechnol*. 17: 482–487.

[25] Wieselogel A., Tyson J., Johnsson D. 1996. Biomass feedstock resources and composition. W: Wyman C.E. (red.) Handbook on bioethanol: production and utilization. Taylor and Francis, Washington DC: 105–118.

[26] Word ethanol production unfazed by recent oil price weakness. 2006. F.O. Lichts world ethanol and biofuel report. 5: 98–102. www.agra-net.com

[27] Wyman C.E. 1996. Ethanol production from lignocellulosic biomass: overview. W: Wyman C.E. (red.) Handbook on ethanol: production and utilization. Taylor and Francis, Washington DC: 1–18.

[28] Wyman C.E. 1999. Opportunities and technological challengers of bioethanol. Presentation to the committee to review the R and D strategy for biomass-derived ethanol and biodiesel transportation fuels. Review for the research strategy for biomass-derived transportation fuels. National Research Council. National Academy. Washington DC: 1–48.

[29] Zaldivar J., Nielsen J., Olsson L. 2001. Fuel ethanol production from lignocellulose: a challenge for metabolic engineering and process integration. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56: 17–34.

Biofuel ethanol from lignocellulose (a vegetative biomass): achievements, problems, perspectives

Key words: Ethanol, biofuel, alcoholic fermentation, lignocellulose, micro-organisms, metabolic engineering

Summary

The review discussed recent situation, problems and prospects connected with economic production of ethanol from a vegetative biomass (lignocellulose). Advantages and disadvantages of ethanol as a fuel in comparison with hydrocarbons, existing and potential sources of raw material, chemical composition and structure of lignocellulose, ways of preliminary processing of vegetative biomass as well as the subsequent acid enzymatic hydrolysis of both cellulose and hemicelluloses up to monosaccharides were considered.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 25–34

Fruktany. Część II. Enzymy katalizujące rozkład polimerów fruktozy – charakterystyka, występowanie i możliwości wykorzystania

Anna Kasperowicz, Tadeusz Michałowski
Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. J. Kielanowskiego PAN w Jabłonnie
ul. Instytucka 3, 05-110 Jabłonna
e-mail: a.kasperowicz@ifzz.pan.pl

Słowa kluczowe: fruktan, inulina, β-fruktofuranozydaza, inulinaza, lewanaza, mikroorganizmy fruktanolityczne, prebiotyki

„When sheep are grazing in green pastures, they are likely consuming a considerable amount of fructan. Common in temperate grasses, fructan forming enzymes also occur in numerous plants and microorganisms, ranging from onions bulbs to dental bacteria" [60].

Wstęp

Fruktany obejmują grupę wielocukrów zapasowych złożonych z reszt β-D-fruktozylowych połączonych wiązaniami 2-1- lub 2-6-glikozydowymi [50]. Pierwszą grupę tworzą inuliny, a drugą – lewany. Wielocukry te występują w roślinach jedno- i dwuliściennych mających zastosowanie w żywieniu zwierząt gospodarskich, a także ludzi ponieważ są znaczącym źródłem fruktozy wykorzystywanej w przemianach komórkowych dostarczających energii. W artykule opublikowanym w 1995 roku dokonano charakterystyki fruktanów oraz ich występowania i znaczenia dla roślin wyższych [27]. W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę enzymów katalizujących rozkład polimerów fruktozy i rozprzestrzenienie zdolności fruktanolitycznych w świecie organizmów żywych, a także możliwości ich wykorzystania.

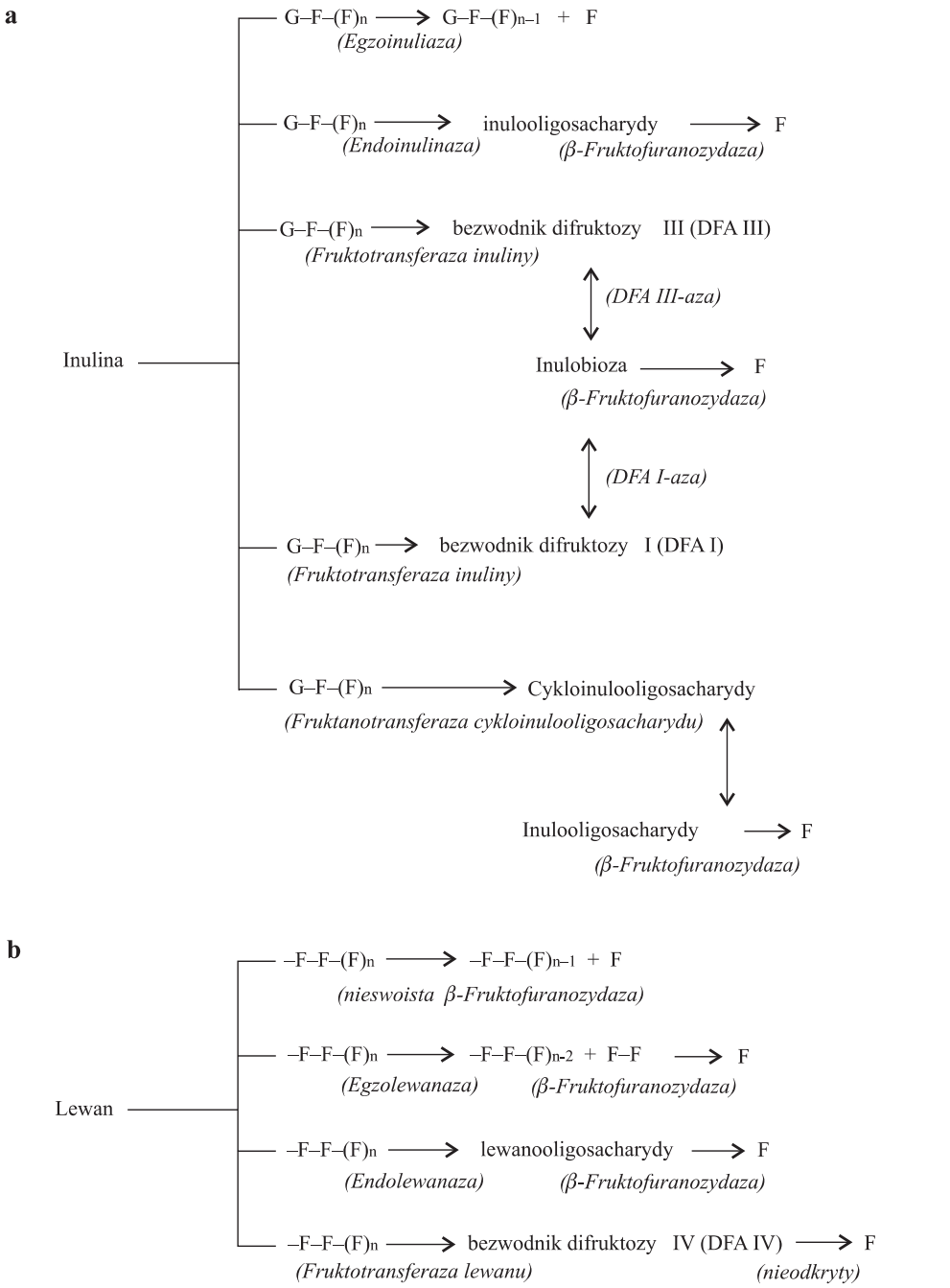
Charakterystyka enzymów

Z dostępnego piśmiennictwa wynika, że trawienie fruktanów jest procesem katalizowanym przez enzymy należące do hydrolaz i transferaz. Najczęściej spotykanymi hydrolazami są nieswoista β-fruktofuranozydaza nazywana również egzoinulinazą lub β-fruktozydazą fruktanu (EC. 3.2.1.80) oraz β-D-fruktofuranozydaza popularnie znana jako inwertaza (EC 3.2.1.26). Obydwa enzymy katalizują rozkład końcowych wiązań β-2,1- i β-2,6-glikozydowych. Końcowym produktem rozkładu fruktanu jest fruktoza, a sacharozy fruktoza i glukoza. Inną nieswoistą hydrolazą jest egzolewanaza (6-lewanobiohydrolaza 2,6-β-D fruktanu, EC 3.2.1.64). Katalizuje ona odszczepianie jednostek dwucukrowych od cząsteczki lewanu oraz hydrolizę wiązań β-2,1-glikozydowych 1-kestozy i nystozy [57, 64].

Pozostałe enzymy tej grupy wykazują swoistość substratową. Rozkład wiązań β-2,1-glikozydowych wewnątrz cząsteczki inuliny katalizuje endoinulinaza (fruktanohydrolaza 2,1-β-D-fruktanu, EC. 3.2.1.7), a wiązań β-2,6 w lewanie – endolewanaza (fruktanohydrolaza 2,6-β-D-fruktanu, EC 3.2.1.65). Końcowymi produktami rozkładu są odpowiednio inulo- i fruktooligosacharydy [64].

Transferazy uczestniczące w rozkładzie fruktanu są enzymami swoistymi. Dwie z nich występują pod wspólną nazwą fruktotransferazy inuliny i oznaczone są symbolami EC 2.4.1.93 oraz EC 2.4.1.200. Transferaza EC. 2.4.1.93 katalizuje powstawanie oligosacharydów złożonych z dwu lub większej liczby reszt fruktozylowych oraz bezwodnika dwufruktozy (DFA III), który jest cykliczną postacią inulodwusacharydu. Drugi z wymienionych enzymów (EC 2.4.1.200) katalizuje powstawanie innego cyklicznego bezwodnika dwufruktozy (DFA I) oraz czterо- i pięciocukrów. Enzymem należącym do tej grupy jest również fruktanotransferaza cykloinulooligosacharydów (CFT). Katalizuje ona depolimeryzację inuliny do cykloinuloheksaozy i cykloinulopentaozy oraz hydrolizę cykloinuloheksaozy do inulobiozy, inulotriozy i inulotetraozy [52, 64].

Jedynym znanym enzymem z grupy transferaz, który katalizuje rozkład wiązań β-2,6-glikozydowych, jest fruktotransferaza lewanu. Produktem końcowym rozkładu jest bezwodnik dwufruktozy inaczej nazywany DFA IV [7, 64]. Schemat przemian inuliny i lewanu przy udziale omówionych wyżej enzymów przedstawiono na rysunku 1a i b. Z przedstawionego rysunku wynika, że hydroliza fruktanów może być jedno-, dwu- lub trójetapowa. W pierwszym przypadku, reakcja jest katalizowana przez enzym o cechach egzoinulinazy lub β-D-fruktofuranozydazy, który umożliwia odszczepianie końcowych reszt fruktozylowych od łańcucha wielocukru. W dwuetapowym trawieniu fruktanów uczestniczą jako pierwsze enzymy typu endolewanazy, lewanobiohydrolazy oraz endoinulinazy katalizujące powstanie oligocukrów. Powstałe produkty są następnie hydrolizowane do fruktozy z udziałem nieswoistej β-fruktofuranozydazy.



Rysunek 1. Degradacja a) inuliny i b) lewanu wg Uchiyama [64], z własną modyfikacją. F – fruktoza, G – glukoza (przedruk za zgodą Tylor & Francis Group, LLC)

Trójetapowy rozkład fruktanów jest najmniej poznany. Jest on katalizowany przez transferazy. Produktami pośrednimi reakcji są bezwodniki dwufruktozy, które przy udziale swoistych enzymów ulegają przemianom do oligocukrów, a te z kolei do fruktozy. Ta ostatnia reakcja katalizowana jest przez nieswoistą β-fruktofuranozydazę.

Rozpowszechnienie enzymów fruktanolitycznych w świecie organizmów żywych

Większość omówionych enzymów została zidentyfikowana u bakterii. Wyróżniającą się pod tym względem grupą są bakterie glebowe bytujące w najbliższym sąsiedztwie korzeni roślin gromadzących fruktany. Stwierdzono, że bakterie rodzaju *Arthrobacter* mają zdolność syntezy fruktotransferazy inuliny [76] oraz fruktotransferazy lewanu [58]. Przedstawiciele rodzaju *Bacillus* syntetyzują natomiast fruktotransferazę cyklooligosacharydów [32, 33], enzymy typu endolewanazy [40] i egzoinulinazy [14, 70], a bakterie z rodzaju *Streptomyces* – enzymy katalizujące hydrolizę lewanu do lewanobiozy oraz inuliny do inulotriozy [34, 55, 77].

Drugą grupą są bakterie występujące w jamie ustnej człowieka. Syntetyzują one egzoinulinazy o różnym stopniu swoistości. Enzymy tego typu zostały zidentyfikowane u bakterii *Streptococcus mutans* Clarke, *Streptococcus salivarius* Andrewes & Horder i *Streptococcus sanguis* White oraz *Actinomyces naeslundii* Tompson & Loverstedt [6, 46, 61, 72].

Kolejną grupę tworzą bakterie występujące w kiszonkach [39, 41]. Wykazano, że enzymy typu egzoinulinazy, β-D-fruktofuranozydazy i endolewanazy są syntetyzowane przez bakterie *Lactobacillus plantarum* (Orla-Jensen) Bergey *et al.* i *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* Collins et al. [42, 43, 75].

Spośród grzybów zdolność syntezy enzymów o cechach egzoinulinaz i endoinulinaz stwierdzono u licznych gatunków pleśni z rodzaju *Aspergillus, Penicillium* i *Fusarium* [15, 24, 25, 65] oraz drożdży z rodzaju *Kluyveromyces, Candida, Torulopsis, Rhodotorula* [8, 35, 54, 65]. Wykazano również, że grzyby pasożytnicze z rodzaju *Claviceps* syntetyzują enzym o cechach β-D-fruktofuranozydazy [13].

Zdolności trawienia fruktanów mają bakterie oraz grzyby i pierwotniaki występujące w przewodzie pokarmowym ssaków roślinożernych. Zostaną one omówione w dalszej części tego opracowania.

Obecność enzymów fruktanolitycznych stwierdzono u roślin wyższych. W odróżnieniu jednak od drobnoustrojów, syntetyzują one jedynie enzymy typu β-fruktofuranozydazy i inwertazy. Dotychczas stwierdzono je w bulwach topinamburu, w korzeniach cykorii oraz w liściach i łodygach życicy, pszenicy, jęczmienia i owsa [22, 23, 36, 37, 66, 73], a także w korzeniach buraka cukrowego oraz rzodkiewnika pospolitego [67, 68]. Obecność tych enzymów stwierdzono w wakuolach i ścianie komórkowej badanych roślin [11, 56, 71].

Trawienie fruktanów w przewodzie pokarmowym ssaków

Znacząca część publikacji poświęconych trawieniu fruktanów w przewodzie pokarmowym ssaków monogastrycznych dotyczy człowieka [3, 31, 45]. Innymi badanymi gatunkami były szczur [44, 47] i świnia [17]. Z danych wynika, że ssaki te nie syntetyzują własnych enzymów fruktanolitycznych i korzystają z pomocy bakterii jelitowych z rodzaju *Bifidobacterium, Lactobacillus* i *Bacteriodes* [9, 53]. U niektórych z nich wykazano zdolność do syntezy enzymów typu egzoinulinazy i β-fruktofuranozydazy [5, 19, 26, 38, 49, 69].

Zdolność fruktanolitycznych bakterii jelitowych do rozkładu, a następnie fermentacji fruktanów sprawia, że węglowodany te spełniają funkcję prebiotyków stymulujących rozwój populacji bifidobacterii i lactobacilli mających korzystny wpływ na zdrowotność gospodarza. Wiadomo bowiem, że bifidobakterie obniżają stężenie amoniaku i cholesterelu we krwi, dostarczają witamin z grupy B, w tym kwasu foliowego, sprzyjają odbudowie prawidłowej mikroflory jelitowej, zniszczonej podczas kuracji antybiotykowej oraz stymulują układ odpornościowy [30].

Obiecujące są wyniki badań wskazujące, że spożywanie fruktanów może zmniejszyć ryzyko wystąpienia raka jelita grubego i piersi, korzystnie oddziałuje na metabolizm tłuszczów, a także obniża poziom glukozy we krwi, zwiększa absorpcję wapnia i poprawia mineralizację kości [1, 10, 51].

Przeżuwacze nie syntetyzują własnych enzymów umożliwiających trawienie sacharozy i fruktanów i podobnie jak ssaki monogastryczne są uzależnione od zdolności fruktanolitycznych drobnoustrojów zasiedlających przewód pokarmowy, głównie żwacz. Stwierdzono, że fruktany są rozkładane przez bakterie żwaczowe *Streptococcus bovis* Orla-Jensen oraz *Rumninobacter amylophilum* Hamlin & Hungate [59, 63]. Z kolei z badań wykonanych przez Ziołeckiego i in. [78] i Guczyńską [20] wynika, że mogą je trawić również gatunki takie jak *Butyrivibrio fibrisolvens* Bryant & Small, *Selenomonas ruminantium* (Certes) Wenyon oraz bakterie z rodzaju *Treponema.* Autorzy ci sugerowali, że wymienione bakterie syntetyzują enzym(y) typu β-fruktofuranozydazy. Późniejsze badania potwierdziły te sugestie, a ponadto wykazały zdolności treponem do syntezy enzymów typu endolewanazy [28, 29].

Niewiele wiadomo o zdolnościach fruktanolitycznych grzybów żwaczowych. W dostępnym piśmiennictwie znaleziono jedynie doniesienie dotyczące rozwoju grzybów z rodzaju *Neocallimastix* na podłożu zawierającym inulinę [62].

W trawieniu fruktanów w żwaczu biorą udział pierwotniaki. Wyniki badań wskazują, że aktywność fruktanolityczna orzęsków żwaczowych jest większa niż bakterii. Stwierdzono również, że wśród pierwotniaków największą aktywność fruktanolityczną wykazują orzęski z rodziny *Isotrichidae*. W rozkładzie fruktanów przez orzęski żwaczowe biorą udział enzymy o cechach inwertazy. Ich obecność stwierdzono w przypadku wielogatunkowej fauny pierwotniaków ze żwacza bawołu, a także w ekstraktach komórkowych pierwotniaków z rodzaju *Dasytricha, Isotricha, Entodinium* i *Polyplastron* pochodzących z płynu żwacza owcy. Jak dotąd, jedynie inwertaza orzęska *Isotricha prostoma* Schuberg została oczyszczona i scharakteryzowana [2, 12, 74].

Znaczenie i zastosowanie enzymów katalizujących rozkład fruktanów

Enzymy fruktanolityczne i syntetyzujące je drobnoustroje są wykorzystywane w biotechnologii. Przy udziale inulinaz otrzymać można syrop fruktozowy, a w procesie fermentacji inuliny – etanol, glicerynę, aceton i butanol. Fermentacja może mieć również zastosowanie do otrzymywania 2,3-butanodiolu, kwasu bursztynowego i mlekowego [18].

Biotechnologia oferuje szereg metod otrzymywania fruktooligosacharydów. Produktem wyjściowym może być wielkocząsteczkowy fruktan typu inuliny [48, 77], sacharoza czy wręcz melasa [4, 16, 21]. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z reakcją hydrolizy katalizowaną przez enzym typu endoinulinazy, a w drugim – z reakcją syntezy w obecności enzymu o cechach fruktozylotransferazy. Produkty tych reakcji – fruktooligosacharydy – znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym. Są bowiem stosowane jako dodatki do dietetycznych deserów mlecznych, jako czynniki obniżające temperaturę zamarzania deserów mrożonych, a także jako niskokaloryczne środki słodzące w produktach spożywczych przeznaczonych dla diabetyków [30].

Enzymy typu fruktotransferazy cykloinulooligosacharydów katalizują powstanie α-, β- i γ-cykloinulin. Przemysł zainteresowany jest jednak α-, β- i γ-cyklolewanami. Budowa przestrzenna tych węglowodanów pozwala bowiem przypuszczać, że mogłyby być one alternatywne do cyklodekstryn znajdujących zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym [18].

Podsumowanie

W artykule dokonano przeglądu piśmiennictwa dotyczącego rozkładu wielocukrów złożonych z fruktozy. Przedstawiono charakterystykę enzymów uczestniczących w tym procesie i ich rozprzestrzenienie w świecie organizmów żywych. Zwrócono również uwagę na dietetyczne i prozdrowotne znaczenie fruktanów oraz na możliwości wykorzystania wyników badań w przemyśle spożywczym, chemicznym lub farmaceutycznym.

Literatura

[1] Abrams S.A., Griffin I.J., Hawthorne K.M., Liang L., Gunn S.K., Darlington G., Ellis K.J. 2005. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescens. *Am. J. Clin. Nutr.* 82: 471–476.

[2] Anand S.R. 1972. β-Fructofuranosidase of rumen protozoa. *Indian J. Biochem. Biophys*. 9: 67–71.

[3] Andersson H.B., Ellegard L.H., Bosaeus I.G. 1999. Nondigestibility characteristics of inulin and oligofructose in humans. *J. Nutr*. 129, Suppl. 7: 1428S–1430S.

[4] Barthomeuf C., Pourrat H. 1995. Production of high-content fructo-oligosaccharides by an enzymatic system from *Penicillium rugulosum*. *Biotechnol. Lett*. 9: 911–916.

[5] Blatch G.L., Woods D.R. 1993. Molecular characterization of fructanase produced by *Bacteroides fragilis* BF-1. *J. Bacteriol.* 175: 3058–3066.

[6] Burne R.A., Schilling K., Bowen W., Yasbin R.Y. 1987. Expression, purification and characterization of an exo-β-D-fructosidase of *Streptococcus mutans*. *J. Bacteriol*. 169: 4507–4517.

[7] Cha J., Park N.H., Yang S.J., Lee T.H. 2001. Molecular and enzymatic characterization of levan fructotransferase from *Microbacterium* sp. AL-210. *J. Biotechnol*. 91: 49–61.

[8] Chaudhary A., Gupta L.K., Gupta J.K., Banerjee U.C. 1996. Purification and properties of levanase from *Rhodotorula* sp. *J. Biotechnol*. 46: 55–61.

[9] Cummings J.H., Macfarlane G.T. 2002. Gastrointestinal effects of prebiotics. *Br. J. Nutr*. 87 Suppl. 2: S145–S151.

[10] Dalzenne N.M., Kok N. 2001. Effects of fructans-type prebiotics on lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr*. 73 Suppl: 456S–458S.

[11] Darwen C.W.E., John P. 1989. Localization of the enzyme of fructan metabolism in vacuoles isolated by a mechanical method from tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L). *Plant Physiol*. 89: 658–663.

[12] Dauvrin T., Thinčs-Sempoux D. 1989. Purification and characterization of a heterogeneous glycosylated invertase from the rumen holotrich ciliate *Isotricha prostoma*. *Biochem. J*. 264: 721–727.

[13] Dickerson A.G. 1972. A β-D-fructofuranosidase from *Claviceps purpurea*. *Biochem. J*. 129: 263–272.

[14] Elyachioui M., Hornez J.P., Tailliez R. 1992. General properties of extracellular bacterial inulinase. *J. Appl. Bacteriol.* 73: 514–519.

[15] Ettalibi M., Baratti J.C. 1990. Molecular and kinetic properties of *Aspergillus ficuum* inulinases. *Agr. Biol. Chem*. 54: 61–68.

[16] Euzenat O., Guibert A., Combes D. 1997. Production of fructo-oligosaccharides by levansucrase from *Bacillus subtilis* C4. *Process Biochem*. 3: 237–243.

[17] Farnworth E.R. 1993. Fructans in human and animal diets. W: Science and Technology of Fructans (red. M. Suzuki, N.J. Chatterton). CRC Press Inc., Boca Raton: 257–272.

[18] Fuchs A. 1993. Production and utilization of inulin. Part II. Utilization of inulin. W: Science and Technology of Fructans (red. M. Suzuki, N.J. Chatterton). CRC Press Inc., Boca Raton: 319–352.

[19] Gibson G.R., Wang X. 1994. Bifidogenic properties of different types of fructo-oligosaccharides. *Food Microbiol*. 11: 491–498.

[20] Guczyńska W. 1999. Preferencje substratowe wybranych bakterii żwaczowych w metabolizowaniu cukrów. Praca doktorska. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. prof. J. Kielanowskiego PAN, Jabłonna.

[21] Hang Y.D., Woodams E.E. 1995. Production of kestose from molasses with comercial juice processing enzyme preparation containing fructosyltransferase. *Biotechnol. Lett*. 11: 1167–1168.

[22] Henson C.A. 1989. Purification and properties of barley stem fructan exohydrolase. *J. Plant Physiol*. 134: 186–191.

[23] Henson C.A., Livingston III D.P. 1996. Purification and characterization of an oat fructan exohydrolase that preferentially hydrolyzes β-2,6-fructans. *Plant Physiol*. 110: 639–644.

[24] Hirayama M., Sumi N., Hidaka H. 1989. Purification and properties of a fructooliogosaccharide-producing β-fructofuranosidase from *Aspergillus niger* ATCC 20611. *Agr. Biol. Chem*. 53: 667–673.

[25] Jing W., Zhengyu J., Jiang Bo., Augustine A. 2003. Production and separation of exo-and endoinulinase from *Aspergillus ficuum*. *Process Biochem*. 39: 5–11.

[26] Kaplan H., Hutkins R.W. 2000. Fermentation of fructooligosaccharides by lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Appl. Environ. Microbiol*. 66: 2682–2684.

[27] Kasperowicz A. 1995. Fruktany. Część I. Charakterystyka fruktanow, występowanie i znaczenie w roślinach wyższych. *Post. Nauk Rol*.: 49–57.

[28] Kasperowicz A. 2005. Charakterystyka aktywności fruktanolitycznej bakterii żwaczowych rodzaju *Treponema*. Praca doktorska. Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. J. Kielanowskiego, PAN, Jabłonna.

[29] Kasperowicz A., Michałowski T. 2002. Assessment of the fructanolytic activities in the rumen bacterium *Treponema saccharophilum* strain S. *J.Appl. Microbiol*. 92: 140–146.

[30] Kaur N., Gupta A.K. 2002. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J. Biosci*. 27: 703–714.

[31] Kolida S., Tuohy K., Gibson G.R. 2002. Prebiotic effects of inulin and oligofructose. *Brit. J. Nutr*. 87 Suppl 2: S193–S197.

[32] Kushibe S., Mitsui K., Yamagishi M., Yamada K., Morimoto Y. 1995. Purification and characterization of cycloinulooligosaccharide fructanotransferase (CFTase) from *Bacillus circulans* MCI-2554. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 59: 31–34.

[33] Kushibe S., Sashida R., Morimoto Y. 1994. Production of cyclofructan from inulin by *Bacillus circulans* MCI-2554. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 58: 1136–1138.

[34] Lim S.Y., Kang S.K., Lee S.O., Lee J.D., Lee T.H. 1998. Purification and characterization of levanase from *Streptomyces* sp. 366L. J. Biotechnol. 61: 33–41.

[35] Manzoni M., Cavazzoni V. 1988. Extracellular inulinase from four yeasts. *Lebensm. Wiss. Technol*. 21: 271–274.

[36] Marx S.P., Nösberger J., Frehner M. 1997. Seasonal variation of fructan-β-fructosidase (FEH) activity and characterization of a β-(2-1)-linkage specific FEH from tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*). *New Physiol*. 135: 267–277.

[37] Marx S.P., Nösberger J., Frehner M. 1997. Hydrolysis of fructan in grasses: a β-(2-6)-linkage specific fructan-β-fructosidase from stubble of *Lolium perenne*. *New Phytol*. 135: 279–290.

[38] Marx S.P., Winkler S., Hartmeier W. 2000. Metabolization of β-(2,6)-linked fructose–oligosaccharides by different *Bifidobacteria*. *FEMS Microbiol. Lett*. 182: 163–169.

[39] Merry R.J., Winters A. I., Thomas P.T., Müller M., Müller T. 1995. Degradation of fructans by epiphytic and inoculated lactic acid bacteria and by plant enzymes during ensilage of normal and sterile hybrid ryegrass. *J. Appl. Microbiol*. 79: 583–591.

[40] Miasnikov A.N. 1997. Characterization of a novel endo-levanase and its gene from *Bacillus* sp. L7. *FEMS Microbiol. Lett.* 154: 23–28.

[41] Müller M., Lier D. 1994. Fermentation of fructans by epiphytic lactic acid bacteria. *J. Appl. Bacteriol*. 76: 406–411.

[42] Müller M., Seyfarth W. 1997. Purification and substrate specificity of extracellular fructanhydrolase from *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* P4134. *New Phytol*. 136: 89–96.

[43] Müller M., Steller J. 1995. Comparative studies of the degradation of grass fructan and inulin by strains of *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* and *Lactobacillus plantarum*. *J. Appl. Bacteriol*. 78: 229–236.

[44] Nilsson U., Björck I. 1988. Availability of cereal fructans and inulin in the rat intestinal tract. *J. Nutr.* 118: 1482–1486.

[45] Nilsson U., Öste R., Jägerstad M., Birkhed D. 1988. Cereal fructans: In vivo and in vitro studies on availability in rats and humans. *J. Nutr*. 118: 1325–1330.

[46] Norman J.M., Giffard P.M. 1996. Biochemical studies on LevJ, a fructanase from *Actinomyces naeslundii* T14V. *Arch. Oral Biol*. 41: 565–570.

[47] Oku T., Tokunaga T., Hosoya N. 1984. Nondigestibility of a new sweetner, „Neosugar'' in the rat. *J. Nutr.* 114: 1574–1581.

[48] Park J.P., Yun J.W. 2001. Utilization of chicory for microbial endoinulinase production. *Lett. Appl. Microbiol*. 33: 183–187.

[49] Perrin S., Warchol M., Grill J. P., Schneider F. 2001. Fermentations of fructo-oligosaccharides and their components by *Bifidobacterium infantis* ATCC 15697 on batch culture in semi-synthetic medium. *J. Appl. Microbiol.* 90: 859–865.

[50] Pollock C.J, Chatterton N.J. 1988. Fructans. In The Biochemistry of Plants, Vol. 14. (red. J. Preiss). Academic Press Inc.Ł 109–140.

[51] Pool-Zobel B.L.2005. Inulin-type fructans and reduction in colon cancer risk: review of experimental and human data. *Br. J. Nutr*. 93 Suppl. 1: S73–S90.

[52] Purich D.L., Allison R.D. 2002. The Enzyme Reference. A Comprehensive Gide to Enzyme Nomenclature, Reactions and Methods. Academic Press, San Diego.

[53] Roberfroid M.B., Delzenne N.M. 1998. Dietary fructans. *Ann. Rev. Nutr*. 18: 117–143.

[54] Rouwenhorst R.J., Ritmeester W.S., Scheffers W.A., Van Dijken J.P. 1990. Localization of inulinase and invertase in *Kluyveromyces* species. *Appl. Environ. Microbiol*. 56: 3329–3337.

[55] Saito K., Kondo K., Kojima I., Yokota A., Tomita F. 2000. Purification and characterization of 2,6-β-D-fructan 6-levanbiohydrolase from *Streptomyces exfoliatus* F3-2. *Appl. Environ. Microbiol*. 66: 252–256.

[56] Simpson R.J., Bonnet G.D. 1993. Fructan exohydrolase from grasses. *New Phytol*. 123: 453–469.

[57] Song E.K., Kim H., Sung H-K., Cha J. 2002. Cloning and characterization of a levanbiohydrolase from *Microbacterium laevaniformans* ATCC. *Gene* 291: 45–55.

[58] Song K.-B., Bae K-S., Lee Y-B., Lee K-Y., Rhee S-K. 2000. Characteristics of levan fructotransferase from *Arthrobacter ureafaciens* K2032 and difructose anhydride IV formation from levan. *Enzyme Microb. Technol*. 27: 212–218.

[59] Stewart C.S., Flint H.J., Bryant M.P. 1997. The rumen bacteria. W: The Rumen Microbial Ecosystem. (red. P.N. Hobson, C.S. Stewart). Blackie Academic Professional, London, Weinheim: 10–72.

[60] Suzuki M., Chatteton N.J. 1993. Foreword. W: Science and Technology of Fructans (red. M. Suzuki, N.J. Chatterton). CRC Press Inc., Boca Raton.

[61] Takahashi N., Mizuno F., Takamori K. 1983. Isolation and properties of levanase from *Streptococcus salivarius* KTA-19. *Infec. Immunity* 42: 231–236.

[62] Theodorou M.K., Lowe S.E., Trinci A.P.J. 1988. The fermentative characteristics of anaerobic rumen fungi. *Biosystems* 21: 371–376

[63] Thomas G.J. 1960. Metabolism of the soluble carbohydrates of grasses in the rumen of the sheep. *J. Agr. Sci. Camb*. 4: 360–371.

[64] Uchiyama T. 1993. Metabolism in microorganisms. Part II. Biosynthesis and degradation of fructans by microbial enzymes other than levansucrase. W: Science and Technology of Fructans (red. M. Suzuki, N.J. Chatterton). CRC Press Inc., Boca Raton: 169–190.

[65] Vandamme E.J., Derycke D.G. 1983. Microbial inulinases: fermentation process, properties and applications. *Advan. Appl. Microbiol*. 29: 139–174.

[66] Van den Ende W., Clerens S., Vergauwen R., Van Riet L., Van Laere A., Yoshida M., Kawakami A. 2003. Fructan 1-exohydrolases. β-(2,1)-trimmers during graminan biosynthesis in stems of wheat? Purification, characterization, mass mapping, and cloning of two fructan 1-exohydrolase isoforms. *Plant Physiol.* 131: 621–631.

[67] Van den Ende W., De Coninck B., Clerens S., Vergauwen R., Van Laere A. 2003. Unexpected presence of fructan 6-hydrolases (6-FEHs) in fructan plants: characterization, cloning, mass mapping and functional analysis of a novel „cell-wall invertase-like'' specific 6-FEH from sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Plant J.* 36: 697–710.

[68] Van den Ende W., De Coninck B., Van Laere A. 2004. Plant fructan exohydrolases: a role in signaling and defense? *Trends Plant Sci.* 9: 523–528.

[69] Van der Meulen R., Avonts L., de Vuyst L. 2004. Short fractions of oligofructose are preferentially metabolized by *Bifidobacterium animalis* DN-1733010. *Appl. Environ. Microbiol*. 70: 1923–1930.

[70] Vullo D.L., Cotto C.E., Sineriz F. 1991. Characteristics of an inulinase produced by *Bacillus subtilis* 430A, a strain isolated from rhizosphere of *Vernonia herbacea* (*Vell Rusby)*. *Appl. Environ. Microbiol*. 57: 2392–2394.

[71] Wagner W., Wiemken A. 1985. Properties and subcellular localization of fructan hydrolase in the leaves of barley (*Hordeum vulgare* L.cv Gerbel). *J. Plant Physiol*. 123: 429–439.

[72] Walker G.J.,. Hare M.D., Morrey-Jones J.G. 1983. Activity of fructanase in batch cultures of oral streptococci. *Carbohyd. Res*. 113: 101–112.

[73] Walker R.P., Winters A.L., Pollock C.J. 1997. Purification and characterization of invertases from leaves of *Lolium temulentum. New Phytol*. 135: 259–266.

[74] Williams A.G., Coleman G.S. 1992. The Rumen Protozoa. (red. T.D. Brock). Springer-Verlag, New York Inc.

[75] Winters A.L., Merry R.J., Müller M., Davies D.R., Pahlow G., Müller T. 1998. Degradation of fructan by epiphytic and inoculant lactic acid bacteria during ensilage of grass. *J. Appl. Microbiol*. 84: 304–312.

[76] Yokota A., Hirayama S., Enomoto K., Miura Y., Takao S., Tomita F. 1991. Production of inulin fructotransferase (depolimerizing) by *Arthrobacter* sp. H65-7 and preparation of DFA III from inulin by the enzyme. *J. Ferment. Bioeng*. 72: 258–261.

[77] Yokota A., Yamauchi O., Tomita F. 1995. Production of inulotriose from inulin by inulin degrading enzyme from *Streptomyces rochei* E87. *Lett. Appl. Microbiol*. 21: 330–333.

[78] Ziołecki A., Guczyńska W., Wojciechowicz M. 1992. Some rumen bacteria degrading fructan. *Lett. Appl. Microbiol*. 15: 244–247.

Enzymes catalyzing degradation of fructose polymers – characterization, occurence and utilization possibilities

Key words: fructan, inulin, β–fructofuranosidase,inulinase, levanase, fructanolytic microorganisms, prebiotics

Summary

Publications dealing with the degradation of fructose polymers were reviewed in this paper. Characteristics and dissemination of the enzymes involved in this process over the living organisms were presented. The role of fructans as health promoting nutrients and fructose resource for food, chemical andpharmaceutical industry was also considered.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 35–56

Cechy morfologiczne i rolnicze właściwości lucern (*Medicago* sp.), determinujące plonowanie i skład chemiczny

[1]Tadeusz Zając, [2]Agnieszka Stokłosa, [1]Agnieszka Klimek, [1]Marek Thier
[1]Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
[2]Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rkszur@ar.krakow.pl

Słowa kluczowe: lucerna, cechy morfologiczne, uprawa, siew, plon, skład chemiczny

Wstęp

Na szerokie rozpowszechnienie na całym globie lucerny siewnej (*Medicago sativa* L.) jako rośliny pastewnej wpłynęła bardzo duża zdolność adaptacyjna tego gatunku, uprawianego współcześnie w warunkach klimatu subtropikalnego i umiarkowanego. Wysokie plonowanie, w połączeniu z jej wieloletnością i wielopokosowością w sezonie wegetacyjnym, a także znakomita wartość pastewna masy roślinnej, zarówno świeżej, jak i konserwowanej, umożliwiają uprawę tego gatunku w różnych warunkach glebowo-klimatycznych. Wysoka produktywność lucerny siewnej jest możliwa dzięki pełnemu pokryciu jej zapotrzebowania na azot przez symbiozę z bakteriami brodawkowymi, wiążącymi N_2 z atmosfery, co przekłada się na jej tanią, a przy tym proekologiczną, uprawę [30, 33]. Dobór właściwego szczepu *Rhizobium* sp. dla lucerny lub koniczyny czerwonej poprawia ich produkcyjność w uprawie na paszę [45, 58]. Ten wiodący pod względem produkcyjnym gatunek lucerny, który od dawna zdominował produkcję paszy na całym świecie, wywodzi się z terenów „Żyznego Półksiężyca", a konkretnie z ziem dzisiejszego Iranu, obejmującego również obszar historycznej Medii (nawiązuje do tego nazwa rodzajowa lucerny). Jej uprawę rozpoczęto celem pozyskania siana dla koni bojowych, odznaczających się w wyniku żywienia tą paszą dużą szybkością i zarazem wytrzymałością. Wysokie walory pastewne lucerny siewnej sprawiły, że wraz z kolejnymi wojnami toczonymi

przez starożytne państwa, nastąpiło sukcesywne zwiększanie zasięgu jej występowania i zarazem uprawy. W wyniku wojen grecko-perskich granice jej zasięgu objęły Grecję i tereny zhellenizowane. Wojny Rzymu ze starożytną Grecją przeniosły jej uprawę do Italii, Hiszpanii i południowej Francji (Prowansja). Arabowie, którzy podjęli jej uprawę na Półwyspie Iberyjskim, nazwali ją „alfalfa" i pod taką nazwą Hiszpanie przewieźli ją do Ameryki, gdzie nazwa ta utrzymała się do dzisiaj [4, 5, 13, 18, 24, 44, 53], zaczyna być także używana w Europie [30, 41].

Wraz z rewolucją agrarną w XIX wieku, zgodnie z oświeceniowymi hasłami Woltera o „hańbie ugorów", zaczęto sprowadzać do Polski nasiona lucerny siewnej z Prowansji oraz z Frankonii. Do rozpowszechnienia się w Polsce lucerny w tym okresie przyczynili się głównie, w wyniku podróży po Europie, właściciele majątków ziemskich oraz latyfundiów, którzy zaczęli modernizować produkcję rolniczą [36]. W czasie ostrych zim w Polsce dochodziło jednak do całkowitego wymarzania roślin i łanów tego gatunku, zwłaszcza jej prowansalskich proweniencji. Przesunięcie uprawy lucerny siewnej na obszary ziem polskich, umożliwiło samorzutne wytworzenie się na tym obszarze nowego gatunku, lucerny mieszańcowej, w wyniku spontanicznych przekrzyżowań, do jakich doszło na tym terenie pomiędzy lucerną siewną i sierpowatą, występującą w Polsce jako składnik miejscowej flory kseroter-micznych muraw, trwałych miedz, zlokalizowanych przeważnie na glebach wapiennych południowej Polski.

Aktualnie w naszym kraju, w obrębie wieloletnich roślin motylkowatych, powierzchnia uprawy lucerny mieszańcowej i siewnej, znacznie ustępuje areałowi zajmowanemu przez koniczynę czerwoną [10, 48]. Najbardziej rozpowszechnione w uprawie są lucerna siewna (*Medicago sativa* L. s. str.), której areał stymuluje głównie wysoki import nasion wysokoplennych odmian z terenu państw zachodniej i południowej Europy oraz lucerna mieszańcowa (*Medicago* × *varia* Martyn, syn. *Medicago media* Pers.), której zasiewy oparte są wyłącznie na krajowych odmianach, o niedostatecznej, w stosunku do potrzeb, produkcji nasion. Obydwa te gatunki należą do najcenniejszych rolniczo spośród roślin motylkowatych, z uwagi na możliwość dostarczania dużych ilości wartościowej zielonki zasobnej w białko, witaminy i sole mineralne. Pasza ta jest rzadziej skarmiana na świeżo; głównie wykorzystuje się ją do produkcji suszu, siana, sianokiszonek i kiszonek [2]. Spośród roślin motylkowatych do sporządzenia kiszonek i sianokiszonek wykorzystywane są powszechnie oba gatunki lucerny, ponieważ w ciągu okresu wegetacyjnego dostarczają kilku pokosów, najczęściej trzech, w lepszych warunkach agroekologicznych czterech, a sporadycznie nawet pięciu.

Współcześnie uzyskanie dobrych kiszonek z lucerny jest możliwe dzięki stosowaniu dodatków mikrobiologicznych, głównie bakterii fermentacji mlekowej z rodzaju *Lactobacillus* sp. i *Streptococcus* sp., których dodatek zapewnia prawidłową fermentację, zachodzącą w obecności łatwo fermentujących cukrów, wprowadzonych w formie różnych dodatków do zakiszania, np. śruty jęczmiennej [4]. Do

zakiszania masy roślinnej lucerny siewnej i mieszańcowej, celem produkcji kiszonki lub sianokiszonki, można wykorzystać inokulant bakteryjny, glukozę i kwas mlekowy [39]. Obecnie ze względów ekologicznych maleje znaczenie dodatków chemicznych stosowanych do zakiszania lucerny – kwasu mrówkowego lub jego soli [5].

W gorszych warunkach siedliskowych można uprawiać lucerny na użytkach przemiennych, w formie mieszanek motylkowo-trawiastych [20]. Wykazano, że lucerna siewna może być uprawiana jako roślina pionierska, na podłożu bogatym w wapń, zbudowanym na rekultywowanym pogórniczym obszarze kopalni siarki w rejonie Tarnobrzegu. Lucerna uprawiana w tamtych warunkach charakteryzowała się wysokim plonem i odpowiednią zawartością makropierwiastków w masie roślinnej, dlatego stanowiła wartościowy składnik paszy dla zwierząt [38].

Piśmiennictwo odnoszące się do uprawy i wykorzystania lucerny siewnej i mieszańcowej, w kraju i na za granicą, jest bogate. Wyraźnie jednak rysuje się mniejsze zainteresowanie tą problematyką, na co wskazuje systematyczny spadek liczby publikacji w Polsce. Odmienna sytuacja utrzymuje się w innych krajach Europy, gdzie nadal zainteresowanie problematyką uprawy lucerny jest spore, aczkolwiek i tam w ostatnim pięcioleciu zmniejszyła się liczba prac naukowych i popularnonaukowych, zarejestrowanych w bazie Agris.

Gatunki lucern i ich uprawa

Rodzaj *Medicago* reprezentowany jest przez przeszło 100 gatunków, które pod względem botanicznym i rolniczo-użytkowym są bardzo zróżnicowane [43]. Rolnictwo w Europie produkcję paszy, przy wykorzystaniu lucern, prowadzi głównie na gruntach ornych, wykorzystując do tego celu, w różnym nasileniu, trzy zbiorowe gatunki lucern, odznaczające się daleko zróżnicowanymi właściwościami gospodarczymi. Są one następstwem odmiennych cech morfologicznych i właściwości chemicznych, determinujących cechy ilościowo-jakościowe plonu zielonki lub suchej masy.

Zbiorowy gatunek (conspecies) znany pod nazwą lucerna siewna (*Medicago sativa* L. s. str.), gromadzi morfotypy wykształcające kwiatostany w kątach górnych liści pędu, grupujące kwiaty o barwie niebiesko-fioletowej, które mogą mieć różny odcień, od jasnego po bardzo intensywny, natomiast nigdy nie wykształcają kwiatów o żółtym zabarwieniu. Kwiaty po zapyleniu wytwarzają charakterystyczne, zwinięte spiralnie strąki. Rośliny tego gatunku są obficie ulistnione.

Drugi gatunek zbiorowy nazywany lucerną sierpowatą, względnie szwedzką (*Medicago falcata* L.), to rośliny o żółtym lub pomarańczowym zabarwieniu kwiatów. Kwiatostany tego gatunku mają mniej kwiatów, w porównaniu do lucerny siewnej. Po zapyleniu kwiaty wykształcają strąki wygięte w kształcie sierpa lub prawie proste, gromadzące od 4–8 nasion. Lucerna sierpowata wytwarza silny system korzeniowy, który dobrze przerasta glebę. W jej łanie, szczególnie po osiągnięciu fazy pełni kwitnienia, występują pędy o zróżnicowanym pokroju, poczynając od wy-

prostowanych poprzez rozesłane, aż do płożących, z których poprzez ukorzenianie mogą tworzyć się samodzielne rośliny. Ta właściwość gatunkowa w znakomity sposób ułatwia zajmowanie nowych siedlisk i jest podstawą jej przenikania do fitocenoz flor miejscowych.

Jako ostatnią wyodrębniono grupę lucern mieszańcowych (*Medicago* × *varia* Martyn), które powstały w wyniku spontanicznego przekrzyżowania się lucerny siewnej i sierpowatej, w wyniku niedawnego przeniknięcia się ich obszarów zasięgowych. Rozmaite lucerny z tej grupy zbliżone są pod względem swoich cech morfologicznych i właściwości użytkowych do lucern należących do jednego z wymienionych gatunków rodzicielskich, a ponadto charakteryzuje je ogromna zmienność. W konkluzji można stwierdzić, że w dobrych warunkach glebowych i klimatycznych w Europie, w tym również w Polsce, do produkcji paszy używa się gatunków wieloletnich. Lucerny jednoroczne, pomimo że są to gatunki rodzime dla części południowej kontynentu, nigdy na terytorium, z którego pochodzą, nie znalazły szerszego zastosowania w produkcji paszy. Jest to skutkiem gorszego plonowania niż produkcyjnie dominującego, dawno sprowadzonego na ten obszar gatunku – lucerny siewnej.

Współcześnie zainteresowanie uprawą jednorocznych gatunków lucerny, jak *M. polymorpha* L., *M. rugosa* Desr., *M. scutellata* (L.) Mill., *M. tornada* (L.) Mill. oraz *M. truncatula* Gaertn. zaznacza się w północnoamerykańskiej dzielnicy rolniczej świata. Gatunki te są rodzimymi dla ośrodka śródziemnomorskiego, gdzie występują jako formy jednoroczne ozime. Jednoroczne lucerny o niezdeterminowanym wzroście, które z powodzeniem można uprawiać w czystym siewie na paszę lub jako rośliny okrywające pola jesienią, powinny mieć wysokie i masywne pędy, późno dojrzewające [11]. Natomiast lucerny uprawiane jako wsiewki w warunkach siewu wąskorzędowego powinny odznaczać się niskimi roślinami, o pokroju rozesłanym lub płożącym i wczesnym dojrzewaniem. Podkreśla się, że określone cechy, jak wysokość pędów, stopień rozgałęziania się roślin, długość cyklu życiowego, dynamika wzrostu, typ strąka, będą decydować o wyznaczaniu dla nich optymalnych siedlisk w określonych niszach ekologicznych. Niektóre spośród rocznych gatunków lucern, jak *M. polymorpha* L., *M. scutellata* (L.) Mill i *M. truncatula* Gaertn., ogólnie znane są z dużej wytrzymałości na brak wody w okresie lata. W XIX w. gatunki te zostały introdukowane do Australii, gdzie po ich udoskonaleniu w wyniku selekcji i podjętej pracy hodowlanej, uzyskano odmiany i rody (Crawford i in. 1989, cyt. za [12]). Obecnie wykorzystuje się je jako rośliny pastewne, względnie przeznaczane są na zielony nawóz (Chatterton i Chatterton 1996, cyt za [12]). Preferowane są w uprawie te odmiany lub rody hodowlane, które mają gładkie strąki, zamiast kolczastych (występują u form dzikich), aby nie dochodziło do ich wplątywania się w sierść dzikich zwierząt i owiec (Crawford i in. 1989, cyt. za [12]). Gatunki te są uprawiane głównie w mieszankach ze zbożami jarymi – roślinami ochronnymi [34] oraz jako wsiewki w kukurydzę [11] lub soję [43]. W północno-centralnym rejonie USA

stanowią źródło paszy w okresie letnim (Shresta i in. 1998, cyt za [12]), co dobrze świadczy o ich możliwościach produkcyjnych w okresie gorącej i suchej pogody lata. De Haan i in. [11] wykazali dużą przydatność jednorocznych lucern w uprawie współrzędnej jako wsiewek w kukurydzę, ponieważ pełnią równocześnie kilka ważnych funkcji – wzbogacają glebę w azot, ograniczają występowanie chwastów i zmniejszają erozję gleby. De Haan i in. [12] wytypowali ekotypy wykazujące pożądane cechy, nieodzowne dla odmian o wielorakich możliwościach użytkowania w regionie środkowozachodnim USA. Podkreślono, że do tej roli nadają się tylko te australijskie gatunki, wśród których występują jednoroczne odmiany i rody hodowlane odporne na *Phytophtora medicaginis* Hansen et Maxwell, a także odznaczające się tolerancją na zacienienie, a przy tym wykazujące intensywny typ wzrostu, połączony z dużą akumulacją suchej masy oraz możliwością osiągania dojrzałości kośnej po 9–10 tygodniach wzrostu. Odmiany i rody hodowlane z gatunków: *Medicago polymorpha* L., *M. scutellata* L., *M. tornada* (L.) Mill., *M. rugosa* Desr., znacznie różnią się między sobą poziomem odporności na *Ph. medicaginis* oraz wybranymi cechami botanicznymi i rolniczymi. Żaden z nich jednak nie ma wszystkich pożądanych cech jednocześnie. Z tych względów mogą one stanowić materiał wyjściowy do hodowli nowych odmian w obrębie poszczególnych gatunków. Można zakładać, że w polskich warunkach gatunki te mogłyby spełnić pozytywną rolę jako wsiewki międzyplonowe w zboża (zastępując seradelę) oraz wcześniej zbierane rośliny strączkowe, głównie groch siewny, zwłaszcza że aktualnie poszukuje się efektywnych produkcyjnie, proekologicznych metod agrotechnicznych.

Sheaffer i in. [43] badali w czterech różnych warunkach siedliskowych USA trzy jednoroczne gatunki lucerny: *M. scutellata* 'Sava', *M. polymorpha* 'Santiago' i *M. lupulina* 'George', które wsiewano w soję w ilościach: 0, 85, 258 i 775 szt. · m^{-2} kiełkujących nasion. Drugim czynnikiem doświadczenia był poziom ochrony przed chwastami z lub bez ochrony. Autorzy podkreślają, że wzrost zagęszczenia wysiewanych nasion lucern wpływał ograniczająco na rozwój i biomasę chwastów, ale jednocześnie obniżał plon zielonej masy i nasion soi. Najbardziej ujemnie na plon soi wpływała *M. scutellata*. Stwierdzono, że wsiewki lucern były zadowalającym czynnikiem chroniącym glebę i hamującym rozwój chwastów, prowadziły jednakże do obniżenia plonu nasion soi, w wyniku konkurencji pomiędzy soją (rośliną ochronną) a wsiewką lucerny. W celu optymalizacji biologicznego procesu wiązania azotu Zhu i in. [58] badali wpływ nawożenia N oraz stosowania szczepionki *Sinorhizobium* na wytwarzanie brodawek, plon zielonej masy, a także nagromadzenie N w plonie suchej masy jednorocznych lucern oraz oznaczali występowanie określonych szczepów *Sinorhizobium* sp. w brodawkach. Wykazano, że bez nawożenia azotem, liczba roślin wytwarzających brodawki była najwyższa u *Medicago rugosa*. Zastosowanie szczepionki spowodowało wzrost plonu zielonki u *M. truncatula* Gaertn. 'Sepii', *M. polymorpha* L. i *M. rugosa* Desr. o ca 60%, w porównaniu z obiektami bez szczepionki. Zastosowanie azotu razem ze szczepionką redukowało masę brodawek i spowodowało

jedynie wzrost plonu suchej masy u *M. scutellata* (L.) MILL. To sugeruje, że bardziej skuteczna szczepionka dla *M. scutellata* powinna być opracowana tak, by zastosowanie N nie obniżyło plonu zielonej masy. Przy wiosennym terminie siewu jednoroczne gatunki lucerny związały w plonie 40–80 kg N · ha^{-1}, a okres wegetacji wynosił 60 dni, natomiast przy letnim terminie siewu zgromadziły mniej – tylko 20–50 kg N · ha^{-1}, a okres wegetacji został znacznie skrócony, wyniósł, bowiem tylko 43 dni.

Rola czynników agrotechnicznych w uprawie lucerny

Siew lucerny siewnej to złożone zagadnienie agrotechniczne, które równocześnie wiąże się z terminem i sposobem jego wykonania oraz ilością wysianych nasion, w połączeniu z doborem konkretnego gatunku i odmiany rośliny ochronnej oraz zastosowaniem odpowiedniego nawożenia [1, 10, 19, 33, 40, 42, 49, 51]. Czynniki te w dużej mierze decydują indywidualnie oraz zespołowo o powodzeniu uprawy nie tylko w roku siewu, ale również w dalszych latach wegetacji [30, 51, 52]. Decyzje dotyczące siewu są czynnikami zasadniczymi, przesądzającymi o prawidłowej wyjściowej obsadzie roślin w pierwszym roku wegetacji oraz wysokim i stabilnym plonowaniu w dalszych latach użytkowania zasiewu. Obserwowany wzrost zagęszczenia roślin lucerny na 1 m^2 w roku siewu zwiększał się w miarę wzrostu ilości wysiewanych nasion, co jest reakcją oczekiwaną [40, 49, 51]. Jednocześnie istotnie zmniejszała się liczba pędów wyrastających z jednej rośliny i ich jednostkowa masa [10]. W czwartym roku uprawy zanik roślin lucerny postępujący z pokosu na pokos w kolejnych latach doprowadził w warunkach Lubelszczyzny do uformowania podobnej ich obsady [10], niezależnie od ilości wysiewanzch nasion (6 i 21 kg · ha^{-1}).

Pomiędzy różnymi roślinami ochronnymi a wsiewanymi lucernami dochodzi w czasie wspólnej wegetacji do współzawodnictwa o ograniczone zasoby siedliska [37, 50, 57]. Wsiewanie lucern w rośliny ochronne jest równocześnie pożądane ze względów rolniczo-ekonomicznych (dążenie do uzyskania odpowiedniego plonu w roku siewu) oraz możliwe ze względów botanicznych – powolny rozwój młodocianych roślin. Istotnym czynnikiem decydującym o przeżyciu wsiewek juwenilnych roślin różnych gatunków lucern w łanach roślin ochronnych jest odpowiedni dla ich wymagań, duży dopływ promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) w okresie ich przesłaniania przez wyższe i szybko rozwijające się rośliny ochronne. Dlatego współcześnie zaleca się uprawę lucern jako wsiewek wyłącznie w różne jare rośliny ochronne, głównie zboża, wysiewane w zmniejszonej o 20–50% ilości wysiewu [1, 35, 51], a także w mieszańcowe odmiany kiszonkowej kukurydzy [19], wykę jarą i jej mieszanki z jęczmieniem jarym [48] oraz groch siewny [57]. Szeroko zakrojone badania Zająca i Santrucka [57] nad oddziaływaniem różnych roślin ochronnych na wzrost wsiewanych lucern w czasie ich wspólnej wegetacji wykazały, że pszenica jara umożliwiła wnikanie do młodocianych roślin wsiewki lucerny większej ilości PAR w porównaniu z jęczmieniem jarym i wąsolistną formą grochu siewnego. W celu

optymalizacji warunków wzrostu juwenilnych roślin lucerny w roku siewu, postuluje się także wcześniejszy zbiór roślin ochronnych (na zieloną masę) [29, 32, 49, 51, 57], dla zapewnienia lepszych warunków świetlnych wysoce heliofilnym gatunkom lucern.

Agrotechnika rośliny ochronnej powinna być prowadzona w taki sposób, aby umożliwiała przeżycie wsiewki lucerny, co w konsekwencji zapewni dobrą obsadę roślin, będącą podstawą jej satysfakcjonującego plonowania w dalszych latach wegetacji [42, 51]. W Ameryce Północnej jako roślina ochronna dla wsiewanej lucerny rekomendowany jest owies [28, 37]. Nielsen i in. [35] podkreślają, że około 90% powierzchni lucerny siewnej w stanie Minnesota wsiewane jest w różne gatunki zbóż jarych, głównie jednak w owies. Micek i in. [32] wykazali, że owies jako roślina ochronna zapewnia wsiewce wystarczający dopływ promieniowania fotosyntetycznie czynnego, umożliwiając jej prawidłowy wzrost i rozwój, a w konsekwencji uzyskuje się dobre zagęszczenie jej runi po zbiorze rośliny ochronnej. Owies jednak, jako roślina ochronna dla lucerny, z uwagi na zmniejszoną ilość wysiewu, daje tylko średni plon zielonki, przeznaczonej do zakiszania.

Bardzo powolny wzrost lucerny w ciągu pierwszego i drugiego miesiąca po zasiewie, z uwagi na formowanie w tym okresie palowego systemu korzeniowego, sprzyja także ich zachwaszczeniu, wywierającemu silne konkurencyjne oddziaływanie. Dlatego siew czysty lucern nie jest lepszym rozwiązaniem agrotechnicznym niż uprawa z rośliną ochronną [57]. Aktualnie w naszym kraju znaczna część zasiewów lucerny siewnej i mieszańcowej dokonywana jest bez rośliny ochronnej, ponieważ rolnicy praktycy są przeświadczeni, że tak uzyskuje się optymalną obsadę roślin wsiewki, równomiernie rozmieszczonych na powierzchni pola. Przy tym unika się nadmiernie dużego ryzyka przepadnięcia wsiewki, niezrekompensowanego uzyskanym plonem zielonki rośliny ochronnej [1, 52]. Sowiński i Nowak [48] uzyskali istotnie wyższą obsadę roślin lucerny przy jej zasiewie bez rośliny ochronnej. Ćwintal [10] wykazał, że spośród porównywanych roślin ochronnych (wyka jara – siew czysty oraz dwie jej mieszanki z jęczmieniem), jęczmień jary najbardziej ograniczał wschody wsiewanej lucerny, a w konsekwencji redukował znacząco zagęszczenie roślin. W praktyce rolniczej powinno się preferować mniejsze ilości wysiewu nasion lucerny mieszańcowej (9–12 kg · ha^{-1}), przy których wzrasta w runi udział roślin o największej średnicy szyjki korzeniowej, co zapewnia wyższe i wierniejsze plonowanie oraz większą trwałość lucernika, czyli dłuższą eksploatację w uprawie na paszę.

Dynamika wschodów lucerny z siewu wiosennego i letniego przebiega podobnie w sprzyjających i porównywalnych warunkach pogodowych, a sama faza kiełkowania trwa stosunkowo długo, stąd obydwa różnoterminowe siewy umożliwiają uzyskanie podobnej obsady roślin w roku siewu. Niestety, letni siew, w porównaniu z wiosennym, daje gorsze efekty produkcyjne z uwagi na mniejszy udział roślin o większej średnicy szyjki korzeniowej, co skutkuje zmniejszoną obsadą pędów na powierzchni 1 m^2 [10]. Na wielkość jesiennego plonu zielonej i suchej masy „ściernianki" lucern w istotny sposób wpływa gatunek rośliny ochronnej, kształtujący

wyjściową obsadę roślin wsiewki, a także ich wzrost i rozwój, zarówno w czasie wspólnej wegetacji, jak i w późniejszym okresie – po ich zbiorze na zieloną masę [57].

Lloveras i in. [30] podkreślają, że efekty jesiennego sposobu użytkowania, wiążące się z terminem i fazą rozwojową roślin w ostatnim pokosie, miały wysoce istotny następczy wpływ na plon następnego, pierwszego wiosennego pokosu w kolejnym roku wegetacji, ale nie na wielkość całorocznej produkcji nadziemnej biomasy lucerny siewnej. Dobry wzrost lucerny mieszańcowej miał miejsce, gdy gęstość gleby podczas jej wegetacji wynosiła 1,20–1,28 g · cm^{-3}. Lucerna siewna rosnąc na glebie o gęstości powyżej 1,40 g · cm^{-3} w pierwszym roku wegetacji dała plon niższy o 40–45%. Przedsiewna uprawa gleby powinna dążyć do nadania roli trwale pulchnej, o optymalnej gęstości wierzchniej warstwy w czasie epigeicznego kiełkowania nasion i wschodów siewek tj. 1–1,16 g · cm^{-3} [41]. Bronowanie pola lucerny po zbiorze pokosów, celem zmniejszenia gęstości gleby w zasięgu szyjek korzeniowych, wpływało ujemnie na plony lucerny i zdrowotność jej roślin, dlatego ten zabieg pielęgnacyjny należy wykluczyć z jej agrotechniki. Santrucek i Svobodova [1999] ustalili w warunkach Czech, że samoistnie postępujące zagęszczanie się wierzchniej warstwy roli pola w kolejnych latach wegetacji lucerny, powyżej 1,40 g · cm^{-3}, ujemnie wpłynęło na wysokość jej plonowania. Autorzy podkreślają, że spadek ten był jednak pięciokrotnie mniejszy niż ujemne (bardzo szkodliwe) oddziaływanie wywierane przez przejazdy maszyn rolniczych w czasie zbioru kolejnych pokosów, prowadzące do uszkadzania roślin, skutkującego spadkiem obsady roślin i pędów. W wyniku obu równocześnie zachodzących niekorzystnych procesów, czyli obniżenia zdrowotności roślin, a zwłaszcza ich szyjek korzeniowych, i ubicia gleby, zaznaczył się i stale postępował zanik roślin lucerny, połączony ze spadkiem obsady i wysokości pędów. Zmiany te były tym gwałtowniejsze, im większe były uszkodzenia [41].

Duże znaczenie w kształtowaniu optymalnej obsady roślin lucerny ma, zdaniem Halla i in. [17], wpływ skaryfikacji termicznej (ang. freeze thaw scarification) na kiełkowanie nasion lucerny w warunkach polowych. Zweryfikowano to doświadczalnie wykorzystując dwie krańcowo różne grupy odmian, mające duży lub mały procent nasion twardych. Skaryfikacja odmian o dużym udziale nasion twardych prowadziła do wzrostu obsady młodocianych roślin o 17%. Natomiast u odmian o niskim ich udziale redukowała ich zagęszczenie o 10%. Rozrzut wyników obserwowany między testami laboratoryjnymi, a faktycznymi wschodami nasion lucerny w warunkach polowych, mógł wynikać częściowo z negatywnego wpływu skaryfikacji, jak i różnic w temperaturze powietrza po wysiewie nasion w polu, jako czynnika istotnego w kształtowaniu wyjściowej obsady młodocianych roślin.

Cechy roślin lucerny i ich wpływ na plon i jego wartość pastewną

Lamb i in. [26] wykazali, że plonowanie tego gatunku jest istotnie uzależnione od morfologii korzeni. W swych badaniach oszacowali optymalny wiek roślin lucerny, ze względu na stosunkowo małą zmienność wartości ocenianych cech, a także oddziaływanie zabiegów uprawowych i warunków środowiskowych na charakterystykę cech korzenia palowego: jego średnicy, liczby wyrastających korzeni bocznych, masy włókna w korzeniach i procentowego udziału korzenia palowego w całkowitej masie systemu korzeniowego lucerny. Maksymalne wartości, odnoszące się do średnicy korzenia palowego u lucerny oraz liczby korzeni bocznych, osiągnięto pomiędzy 19 a 22 tygodniem wegetacji roślin, liczonej od daty siewu. Rzadziej wysiane rośliny, rosnące w mniejszym zagęszczeniu miały więcej korzeni bocznych, większą średnicę korzenia palowego oraz zgromadziły więcej włókna w korzeniach, w porównaniu z korzeniami roślin wysianych gęściej. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wśród roślin lucerny wysianych w warunkach laboratoryjnych, a następnie przesadzanych w pole, 80–89% miało wykształcony korzeń palowy, podczas gdy u roślin, rosnących od początku na polu, zaledwie 18–20%. Można zakładać z dużym poziomem prawdopodobieństwa, że rośliny o słabszym systemie korzeniowym silniej reagują na niekorzystne warunki wzrostu panujące w roku siewu, np. spowodowane suszą letnią, w porównaniu z roślinami, które stosunkowo wcześnie zdołały w pełni wykształcić palowy system korzeniowy. Oszacowana zmienność dwóch wskaźników – liczby korzeni bocznych i masy włókna w korzeniach – wskazuje, że mogą być one z powodzeniem oznaczone w warunkach polowych na roślinach lucerny, pochodzących tylko z jednego miejsca, jednak przy jednakowej ich obsadzie oraz po 22 tygodniach od daty wykonania siewu. Natomiast średnica korzenia palowego też może być oceniana w analogicznym czasie, ale pomiary trzeba wykonać w kilku różnych miejscach na polu, z uwagi na większą zmienność osobniczą tej cechy w obrębie odmian. Poszukując dobrych predyktorów produkcyjności lucerny siewnej Chloupek i in. [8] zmierzyli wielkość systemu korzeniowego dwóch czeskich odmian ‘Zuzana’ i ‘Palava’ za pomocą pojemności elektrycznej. Indywidualne rośliny o systemie korzeniowym istotnie większym lub mniejszym od średniej dla odmiany, były wyselekcjonowane do badań w okresie kolejnych 3 lat i ocenione równocześnie wraz z ich potomstwem. Badania te wykazały, że potomstwo roślin z dużym systemem korzeniowym miało tendencję do tworzenia w kolejnych pokoleniach również większego systemu korzeniowego oraz produkcji wyższego plonu nadziemnej biomasy, w porównaniu do potomstwa roślin odznaczających się małym systemem korzeniowym. Autorzy badań w konkluzji stwierdzają, że wielkość systemu korzeniowego, analizowanego metodą niedestrukcyjną, jest dobrym kryterium selekcji roślin o lepszej produktywności, dlatego należy tę metodę wykorzystać w programach hodowlanych lucerny.

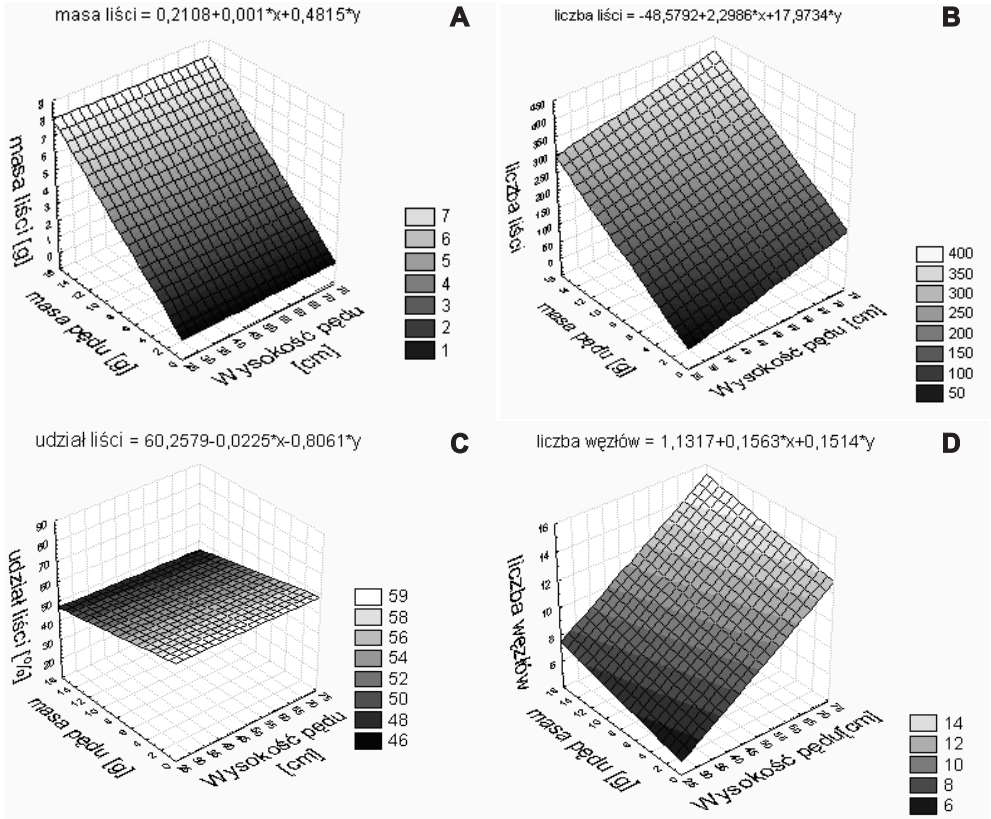
Przeżywalność roślin lucerny w okresie zimy warunkuje utrzymanie dobrego zagęszczenia w kolejnych latach wegetacji oraz jest podstawowym czynnikiem determinującym plonowanie pokosów, zwłaszcza pierwszego. Cunningham i in. [9], analizując warunki zimowania łanu, stwierdzili, że okres jesiennego spoczynku jest dodatnio skorelowany z zimotrwałością lucerny, jednak fizjologiczne mechanizmy tego procesu nie są do końca wyjaśnione. Badali oni związki zachodzące pomiędzy wysokością roślin badanych odmian lucerny jesienią a ich zimotrwałością i określali także wymiary rozety szyjki korzeniowej u poszczególnych roślin oraz zawartość cukru, skrobi i białka w korzeniach i oczkach zlokalizowanych na szyjce korzeniowej. Wykazano, że selekcja roślin w kierunku poprawienia ich jesiennego zahartowania spowodowała skrócenie wysokości roślin, a co za tym idzie, lepszą zimotrwałość. Zawartość cukrów i białek w pączkach i korzeniach wyselekcjonowanych roślin wzrosła do poziomu obserwowanego dla zimotrwałej odmiany 'Norseman', co bezspornie wskazuje, że selekcja, jako istotny element pracy hodowlanej, prowadzona wyłącznie w kierunku poprawy jesiennego okresu zahartowania, może znacząco zmienić zimotrwałość lucerny.

Liście lucern spełniają równolegle dwie ważne funkcje życiowe. Są miejscem fotosyntezy węglowodanów, które roślina gromadzi później w szyjkach korzeniowych, zużywa na budowę części nadziemnych oraz przekazuje bakteriom brodawkowym w zamian za otrzymywany azot. Ponadto, w liściach zdeponowane są związki białkowe, co dowodzi, że ulistnienie pędów oraz sumaryczna powierzchnia liści łanu i ich udział w plonie zielonki są ważnymi miernikami wigoru roślin w poszczególnych pokosach. W pracy poznawczej Buntina i Pedigo [6], opartej na dwuletnim doświadczeniu, analizowano wpływ zróżnicowanego okresu trwania defoliacji ścierniska po zbiorze pierwszego pokosu na wzrost i rozwój roślin lucerny siewnej odm. 'Valor' w kolejnych pokosach. Na podstawie uzyskanych wyników autorzy podtrzymują jako zasadną hipotezę, że fotosynteza jest najintensywniejsza w liściach, które są głównym miejscem powstawania asymilatów, dystrybuowanych później do jej nad- i podziemnych części. Z tych względów lucerna utrzymuje maksymalną powierzchnię liści oraz wspiera później szybszy odrost pędów obficie ulistnionych po zbiorze pokosów. W takim rozumieniu funkcji ulistnienia lucern Volenec i Cherney [53] postulują wzrost proporcji udziału liści do łodyg, w wyniku wprowadzenia na drodze hodowlanej cechy wielolistkowości, co może zmienić podstawowy skład chemiczny plonu, rzutujący dodatnio na wartość paszową odmian lucerny. Jednak weryfikacja tych założeń w doświadczeniach wykazała, że zawartość azotu w zielonce odmian wielolistkowych nie była istotnie wyższa, ani jakość pastewna istotnie lepsza, w porównaniu z fenotypem trójlistkowym, odznaczającym się szybkim tempem wzrostu pędów. Wykazano silny wpływ interakcji środowiska z innymi cechami roślin na zawartość azotu w zielonce oraz zanikanie suchej masy strawnej w warunkach in vitro. We wcześniejszych pracach hodowlanych uzyskane genotypy lucerny z wysoką ekspresją wielolistkowości cechował znacznie niższy plon suchej masy niż to miało miejsce w wypadku tradycyjnych odmian trójlistkowych [13].

Bardzo szczegółowo ujawnianie się ekspresji wielolistkowości u lucerny w warunkach kontrolowanych analizowali Juan i in. [22], którzy oceniali wpływ temperatury powietrza i długości fotoperiodu na tę cechę oraz jej powiązanie z morfologią liścia i łodygi. Wyodrębnione rośliny lucerny pogrupowano w 4 klasy ekspresji cechy wielolistkowości: bardzo niska <10%, niska 10–29%, średnia 30–60%, wysoka >60% liści wielolistkowych. Wykazano, że długość fotoperiodu miała większy wpływ na ekspresję wielolistkowości, ponieważ przy długim dniu wielolistokowość malała liniowo dla klas roślin z bardzo niską, niską i średnią ekspresją wraz ze starzeniem się roślin. Ekspresja wielolistkowości była dodatnio skorelowana z liczbą liści na pędzie oraz liczbą listków na liściu, natomiast zupełnie nie była skorelowana z właściwościami łodygi. W badaniach ustalono, że pojedyncze wielolistkowe liście miały większą powierzchnię liścia, ale podobną, jak typowe liście trójlistkowe, masę. Prawidłowości te wystąpiły we wszystkich badanych warunkach środowiskowych doświadczenia kontrolowanego. W innej pracy Juan i in. [21] porównali u lucerny siewnej cztery genotypy wielolistkowe i dwa tradycyjne genotypy trójlistkowe, które analizowano po sprzęcie zielonej masy w fazie pąków kwiatowych oraz początku kwitnienia. Ekspresja wielolistkowości oceniona na podstawie ilorazowego stosunku (liczba listków/ogólna liczba liści) kształtowała się na poziomie 5–70% i nie była skorelowana z plonem zielonki. Analiza tej cechy w pierwszym i kolejnych pokosach wykazała, że ekspresja wielolistkowości była dodatnio powiązana z udziałem liści w plonie masy roślinnej i liczbą listków w liściu, ale nie była istotnie powiązana z liczbą pięter liści na pędzie oraz z wysokością roślin. Cecha wielolistkowości nie była także konsekwentnie związana z zawartością suchej masy, z wyjątkiem niskiej ujemnej korelacji w pokosie zebranym w fazie pąków kwiatowych w pierwszym roku użytkowania. Stwierdzono, że pomiędzy liniami hodowlanymi lucerny siewnej z różną ekspresją wielolistkowości, nie było wyraźnych różnic w plonie, w odniesieniu do odmian o tradycyjnym ulistnieniu. Taki układ wyników sprawia, że odmiany wielolistkowe lucerny mogą być tylko uzupełnieniem oferty zróżnicowanych morfologicznie genotypów, ale ich aktualny potencjał produkcyjny i jakościowy nie pozwala im na zajęcie znaczącej roli w uprawie.

Wyniki uzyskane przez Zająca [55] wskazują, że postępujący u lucerny mieszańcowej z pokosu na pokos w sezonie wegetacyjnym spadek obsady pędów i powierzchni ich liści, bezpośrednio rzutuje na obniżenie indeksu powierzchni liści. Jest on wysoki tylko w pokosie pierwszym i osiąga wartości optymalne, zalecane ze względów ekofizjologicznych – dobre wykorzystanie promieniowania PAR – i rolniczych – wysoki plon świeżej i suchej masy. W dalszych pokosach, a zwłaszcza w trzecim, dochodzi do znacznego zmniejszenia indeksu łącznej powierzchni liści, poniżej 3,0 m^2, co wskazuje, że w okresie późnoletniej wegetacji przerzedzony łan lucerny nie w pełni wykorzystywał dopływającą energię PAR.

Zagęszczenie i wymiary pędów lucerny jako istotne czynniki jej produkcyjności i zarazem jakości pastewnej były przedmiotem badań Iwaasa i in. [18], w których



Rysunek 1. Współzależności zachodzące w trzecim pokosie lucerny pomiędzy wysokością i masą pojedynczego pędu, a masą liści pędu (A), liczbą liści (B), procentowym udziałem liści w całkowitej masie pędu (C) i liczbą węzłów (D) [dane niepublikowane]

określono wpływ wywierany przez zróżnicowane gęstości siewu na właściwości fizyczne łodyg oraz powiązanie tych właściwości z siłą potrzebną do ich ścinania. Autorzy zmierzyli, że siła ścinania runi lucerny była bezpośrednio zależna od średnicy i masy łodygi. Ze względu na związek między siłą ścinania w czasie zbioru a średnicą i masą łodygi pędów, fizyczne właściwości łodygi mogą niezależnie wpływać także na rozdrabnianie kęsów masy podczas ich przeżuwania przez zwierzęta i to w stopniu znacznie większym niż skład chemiczny ich ścian komórkowych.

Na rysunku 1 zamieszczono cztery rodzaje współzależności, wiążące się z ulistnieniem pojedynczego pędu lucerny, a więc jego indywidualną wysokością i masą. Łączna masa liści z pojedynczego pędu (A) rosła liniowo wraz ze zwiększającą się masą pędu, co oznacza, iż poszczególne pędy odznaczały się bardzo zbliżonym ulistnieniem. Wzrost liczby liści trójlistkowych na pędzie (B) był uwarunkowany oddziaływaniem analizowanych mierników pędu, przy czym silniej na zwiększenie się liczby liści oddziaływała masa pędu niż jego wysokość. Względny (procentowy) udział masy liści w masie pędu (C) był w umiarkowany i zarazem ujemnie skorelo-

wany z całkowitą masą pędu, co związane jest z tym, że małe pędy, które z opóźnieniem podjęły wzrost, odznaczały się obfitszym ulistnieniem. Z kolei liczba węzłów na łodydze, z których wyrastały liście (D), była silnie uzależniona od jego indywidualnej wysokości, natomiast masa pędu przejawiała również dodatnie, lecz znacznie słabsze oddziaływanie. Współzależność między procentowym udziałem liści w plonie suchej masy lucerny a zawartością białka ogólnego i włókna surowego kształtowała się odpowiednio $r = 0,71$ i $r = 0,82$; $P < 0,01$ i potwierdza ugruntowane opinie, że o jakości zielonki decyduje stosunek liści do łodyg.

Plon masy roślinnej oraz jego elementy składowe

Ćwintal [10] podkreśla, że decydującym elementem struktury plonu suchej masy lucerny mieszańcowej jest masa jednego pędu, a następnie ich sumaryczna liczba na powierzchni 1 m^2. Tenże autor wskazuje na duże zdolności kompensacyjne, jakie wykazuje lucerna, które zachodzą pomiędzy liczbą roślin i pędów na 1 m^2 a masą pojedynczego pędu. Na podstawie wyników doświadczeń polowych stwierdzono, że wzrastająca gęstość siewu nasion lucerny zwiększa obsadę roślin i zagęszczenie pędów, aczkolwiek kierunek współzależności nie ma liniowego przebiegu [18, 49, 51]. Plonowanie odmian lucerny siewnej w warunkach klimatu Lubelszczyzny, determinowane jest przez rozkład opadów i temperatury powietrza w czasie wegetacji roślin i równocześnie podlega następczemu wpływowi wywieranemu przez warunki termiczne podczas zimowania roślin oraz panujące wczesną wiosną w czasie wznowienia wegetacji przez rośliny runi pierwszego pokosu [52]. Wyższy wkład w plonowanie lucerny mają pędy wyrastające z szyjki korzeniowej, ponieważ pędy wyrastające z dolnych fragmentów łodyg stanowiły 35,1% i 33,7% ich całkowitego zagęszczenia, rozpatrywanych odpowiednio dla zbiorów 3-kośnego i 4-kośnego [10]. Zając [56] stwierdził, że pomiędzy masą a długością pojedynczych pędów lucerny mieszańcowej w pierwszym pokosie występuje krzywoliniowa zależność, świadcząca o tym, że pędy najwyższe odznaczają się ponadprzeciętnie dużą masą. Z tego też powodu wkład 25% pędów z całej ich obsady, ale odznaczających się najwyższą masą, decyduje aż w 50% o wielkości uzyskiwanego plonu. Ten kierunek zależności wyjaśnia decydujący wpływ tego typu pędów na plonowanie pojedynczej rośliny, a w konsekwencji także jej łanu [56]. Produkcyjność pojedynczych pędów i łanu lucerny siewnej, jak to ustalili Brown i in. [3], wzrastała liniowo wraz ze wzrostem pochłoniętego promieniowania całkowitego w każdym pokosie, jednak wykorzystanie promieniowania fotosyntetycznie aktywnego (PAR) wahało się w szerokich granicach, poczynając od 0,29 do 1,09 g suchej masy na 1 MJ, a taki układ współzależności na pewno utrudni modelowanie jej wzrostu i produkcyjności.

Sheaffer i in. [44] w obszernych badaniach nad produkcyjnością, obejmujących znaczną części powierzchni USA, zbadali stabilność plonowania odmian lucerny, ocenioną dla kolejnych pokosów zbieranych w różnych warunkach siedliskowych

(odmienne glebowo-klimatycznie lokalizacje). Dodatkowo, zanalizowali możliwość przenoszenia predykcji związanej z jakością zielonki w roku siewu na cały czas użytkowania; to znaczy, czy cecha ta informuje o ogólnej wartości zielonki poszczególnych pokosów w przyszłych pokosach i latach uprawy. Wykazano jednak, że jakość zielonki w roku siewu nie była dobrze skorelowana z jej jakością przez cały okres uprawy, stąd dane dotyczące roku siewu nie mają prognostycznego znaczenia i nie są adekwatne do charakteryzowania jakości pastewnej zielonki lucerny w całym wieloletnim cyklu jej użytkowania. Wykazano, że jakość pastewna zielonki lucerny bardziej zależała od pory roku, niż od lokalizacji lub fazy rozwojowej lucerny. Ustalono także, że wpływ terminów zbioru poszczególnych pokosów oraz odpowiadającej im konkretnej fazy rozwojowej roślin na jakość, był stały w różnych siedliskach. Dowodzi to dużej siły oddziaływania właściwości gatunkowych lucerny na cechy ilościowo-jakościowe w trakcie jej kośnego użytkowania. Uzyskane wyniki i ich współzależności wskazują, że standaryzowanie terminu pokosu powinno przynieść przynajmniej tyle samo korzyści, co standaryzowanie stopnia dojrzałości roślin, powiązanego z fazą rozwojową w czasie zbioru poszczególnych pokosów. Po włączeniu do wieloczynnikowej analizy wariancji roku siewu lucerny, z uwagi na znaczną zmienność wyników, odnotowano wystąpienie istotnych potrójnych interakcji pomiędzy lokalizacją, odmianą i wiekiem – rokiem uprawy.

W związku z coraz większym wykorzystaniem lucerny do produkcji sianokiszonek, w czasie podsychania skoszonych roślin w warunkach przekropnej – burzowej pogody, często dochodzi do przemywania zasychających roślin wodą deszczową. Stąd interesujące są wyniki modelowego doświadczenia Smitha i Browna [47], którzy szacowali wpływ sztucznego deszczu o różnej intensywności, na rozkład liści u dosychających na pokosach roślin lucerny siewnej. Analiza tkanek siana wykazała, że wyciekanie rozpuszczalnej części suchej masy spowodowało istotne straty w masie dosychających roślin i istotnie wzrastało w proporcji do zawartości włókna w tkankach, czyli starsze rośliny okazały się znacznie bardziej wrażliwe na tę formę strat w porównaniu do młodszych, ścinanych w początku fazy pąkowania. Szczegółowe analizy wykazały wzrost strat w wyniku wyciekania wywołanego wzrostem intensywności opadów i spadkiem zawartości wody w tkankach (deszczowy opad na silniej przeschnięte i starsze rośliny).

Czynniki wpływające na wysokość i jakość plonu

Termin zbioru w uprawie wieloletnich i wielopokosowych lucerny siewnej oraz mieszańcowej ma decydujące znaczenie w kształtowaniu ich plonowania oraz w pozyskiwaniu paszy o wysokiej strawności masy organicznej i dużej w niej zawartości białka. Wymaga to prowadzenia zbioru poszczególnych pokosów w fazie pąkowania, zamiast w początku kwitnienia [24, 30, 54]. Ubocznym, lecz wysoce pozytywnym skutkiem takiego postępowania są mniej zdrewniałe łodygi, co ułatwia zwijanie

przywiędniętych roślin w bele, a przy tej czynności dochodzi do mniejszego uszkadzania (przebijania) folii, w którą owijane są bele podczas produkcji sianokiszonki. Zbiór roślin w młodszych fazach rozwojowych, przeważnie pąkowania, należy prowadzić częściej, bo czterokrotnie w sezonie wegetacyjnym. Przyjęcie takiego systemu zbioru prowadzi w pierwszym roku użytkowania (drugi rok wegetacji roślin) do lepszego plonowania lucerny, natomiast w drugim roku użytkowania lepiej plonowała lucerna zbierana w systemie 3-kośnym, polegającym na zbiorze trzech pokosów na początku fazy kwitnienia [52]. Modyfikacja zbioru lucerny polegająca na koszeniu roślin w różnych fazach rozwojowych, z tzw. „pokosem regeneracyjnym", jest kompromisem pomiędzy plonowaniem a kształtowaniem optymalnej obsady pędów oraz dobrej wartości pastewnej plonu [54]. Taki sposób polega na zbiorze pierwszego i trzeciego pokosu w fazie pąkowania, natomiast zbiór drugiego pokosu (regeneracyjnego) powinien być dokonany z opóźnieniem, w fazie pełni kwitnienia roślin. W wyniku takiego postępowania dochodzi do większego nagromadzenia materiałów zapasowych, odkładanych w tym czasie w szyjkach korzeniowych roślin, co skutkuje zwiększonym zawiązywaniem pączków na szyjce korzeniowej, z których wyrastające pędy w następnym pokosie cechuje intensywniejszy wzrost liniowy i obfite ulistnienie niż lucerny ścinanej wyłącznie w fazie pąkowania lub na początku kwitnienia [54]. Lloveras i in. [30] oraz wielu innych autorów [16, 24, 46, 52, 54] wykazali, że współczesne sposoby użytkowania zasiewów lucerny siewnej, decydują o wielkości i jakości plonu w najczęściej prowadzonym 3-letnim okresie jej użytkowania. Częste koszenie lucerny mieszańcowej 'Kometa' w pierwszym i drugim roku użytkowania, wykonywane co 30 dni, powoduje istotne zmniejszenie plonu w porównaniu ze zbieraną co 40 dni, a czynnikiem sprawczym tego procesu jest znaczny spadek obsady roślin, które w ten sposób reagują na nadmierną eksploatację w czasie wegetacji [46]. W tym doświadczeniu udowodniono, że wysokie koszenie na 10 cm, w porównaniu z ścinaniem niższym – 5 cm, nie wpływało na wielkość plonu w następnym roku, co oznacza, że wysokie koszenie nie umożliwia znaczącego wykształcania pędów w następnych pokosach z dolnych fragmentów pozostawionych łodyg. W wieloczynnikowym doświadczeniu Gossen i in. [16] określili wpływ częstości zbioru pokosów dwóch odmian lucerny, których rośliny inokulowano jednym z trzech najgroźniejszych patogenów. Także jako trzeci czynnik badawczy autorzy wprowadzili nawożenie potasem lub pominięcie tego pierwiastka w dawce nawozowej i jego wpływ na przeżycie roślin, a w konsekwencji na ich zagęszczenie oraz plony świeżej i suchej masy. W ocenie uzyskanych wyników stwierdzono, że interakcje podwójne lub potrójne pomiędzy czynnikami, powodujące pogorszenie stanowiska, dla plonowania lucerny miały minimalne skutki. Odnotowana redukcja wigoru roślin pierwszego pokosu w następnym roku uprawy była wynikiem częstego zbioru pokosów w roku poprzednim, prowadzących do nadmiernej eksploatacji roślin i zarazem to oddziaływanie było większe od wpływu, jaki wywierał ostatni pokos oceniony indywidualnie, a zbierany w różnych kalendarzowo terminach. Nikłe dla produkcyjności skutki zróżnicowania warunków zbioru ostatniego pokosu w sezo-

nie wegetacyjnym związane były z warunkami zimowania lucerny. W dobrych warunkach siedliskowych czynniki doświadczenia słabo oddziaływały w kolejnym roku wegetacji na wigor oraz ich potencjał życiowy i obsadę wyjściową roślin pierwszego (wiosennego) pokosu. Dowodzi to, że warunki zbioru lucerny rozpatrywane w dłuższym, rocznym okresie, istotnie rzutują na jej produkcyjność w kolejnym roku użytkowania [10, 19, 24, 30, 52, 54]. Langer i in. [27] wskazują, że w ostrzejszych dla lucerny warunkach zimowania, późniejszy zbiór dodatkowego pokosu lucerny w Kanadzie Atlantyckiej, zwiększa ryzyko złego przezimowania roślin, prowadząc do ich znacznego zaniku, w wyniku wystąpienia zróżnicowanych mrozowych uszkodzeń szyjki korzeniowej. Autorzy sugerują, że jeśli dodatkowy pokos musi być zebrany z uwagi na wykształcony plon biomasy, którego nie sposób pozostawić na polu, nieodzowne jest zwiększenie przedziału czasu między ostatnim a poprzedzającym pokosem do przynajmniej 500 stopniodni, a wówczas zmniejszy się ryzyko wymarznięcia roślin w zimie, ponieważ zdołają zgromadzić w szyjkach korzeniowych większy zapas węglowodanów, dostateczny do ich przezimowania. W tym fakcie autorzy upatrują pozytywny wpływ warunków zbioru ostatniego pokosu na poprawienie przeżywalności roślin w czasie zimowania oraz możliwość dynamicznego ich wzrostu w przyszłorocznym – wiosennym pokosie.

W znaczącej pod względem poznawczym pracy eksperymentalnej Kalu i Fick [24] poszukiwali istotnych powiązań, zachodzących pomiędzy fazą rozwojową (ang. stage rating system) roślin lucerny siewnej a zawartością białka surowego, prawdziwej strawności in vitro, zawartości frakcji włókna – neutralnego, kwaśnego oraz ligniny w zielonce lucerny. Do testowania współzależności wykorzystano rozbudowany dziesięcio fazowy system klasyfikacji, uwzględniający trzy fazy wegetatywne, dwie fazy pąków kwiatowych, dwie fazy kwitnienia i trzy fazy rozwoju strąków, te ostatnie zapewne wzięto po uwagę ze względów poznawczych, ponieważ w uprawie lucerny na paszę zaleca się wcześniejszy zbiór. Stwierdzono konsekwentne powiązanie zmian jakości zielonki lucerny z jej fazą rozwojową, jednak absolutne wartości dla poszczególnych faz rozwojowych, podczas których zbierano rośliny, różniły się w ciągu 3 lat badań, w związku z postępującym (wiekiem) starzeniem się roślin. Dlatego w tych badaniach dla oceny jakościowej, przyjęto średnią wartość zielonki, jako zintegrowanego wskaźnika, będącego średnią masą łodyg w pokosach, w każdej z 10-ciu wyróżnionych faz rozwojowych. We wszystkich przypadkach, jak podkreślają autorzy, wykazano wysoce istotną liniową, bądź kwadratową zależność dla szacowania jakości zielonki z: zawartością białka surowego (R^2 = 0,883), prawdziwą strawnością in vitro (R^2 = 0,957), zawartością frakcji neutralnego włókna (R^2 = 0,946) oraz kwaśnego włókna (R^2 = 0,899), a także ligniny (R^2 = 0,841). Ten układ współzależności, statystycznie sprawdzony, potwierdza praktyczne możliwości zastosowania tej procedury w określaniu jakości zielonki z lucerny. Fonseca i in. [15] uznali zwiększenie zawartości rozpuszczalnej w detergentach frakcji neutralnej włókna za wiodącą strategię hodowlaną, która może w przyszłości poprawić jakość

żywieniową nowych odmian lucerny siewnej. Pektyna – główny składnik frakcji neutralnej włókna – jest wysoce strawna, jednak oznaczenie jej zawartości za pomocą klasycznego testu chemicznego jest bardzo czasochłonne. Autorzy [15] wykazali możliwość wykorzystania spektroskopii na bliską podczerwień (NIRS) do łatwego określania koncentracji frakcji neutralnej włókna. Wskazali oni także na istotność oszacowania odziedziczalności tego chemicznego parametru w potomstwie, co może poprawić jakość pastewną plonu kolejnych pokosów lucerny w danym roku użytkowania. Oczekiwane korzyści z selekcji roślin matecznych opartej na potomstwie, mieściły się w przedziale 4,6–19,0 g · kg^{-1}, średnio – 10,3 g · kg^{-1}. Kański [23] uznaje metodę NIRS za dobrą w szacowaniu zawartości białka ogólnego, włókna surowego i strawności masy organicznej w zielonce lucerny. Wskazuje on, że dokładność szacowania tych składników pokarmowych zależy od ilości przyjętych fal w równaniu kalibracyjnym oraz od wielkości zbiorów kalibracyjnych. W tych badaniach Kański [23] stwierdził, że zawartość białka ogólnego w suchej masie kolejnych pokosów wynosiła odpowiednio (w % s.m.): pierwszy – 16,41 ± 5,87; drugi – 17,41 ± 5,07; trzeci – 19,02 ± 4,21, a włókna surowego kształtowała się na poziomie: pierwszy – 29,66 ± 8,83; drugi – 27,62 ± 6,56; trzeci – 24,08 ± 5,57. Powyższy układ zawartości wskazuje na ujemne współzależności pomiędzy składnikami pokarmowymi, za sprawą zmiennego, rosnącego z pokosu na pokos, udziału liści w plonie pokosów. Z kolei udział łodyg determinujący zawartość włókna surowego spada z pokosu na pokos, w wyniku zmniejszania się wysokości pędów. Maciejewicz-Ryś i in. [31] podkreślają, że w badaniach porównawczych, związanych z jakością pastewną plonu, nie obserwowano przewagi jakościowej białka frakcji liści z wielolistkowej lucerny w odniesieniu do lucerny o trójlistkowych liściach. W tych badaniach podnosi się fakt, że udział liści w plonie suchej masy lucern tylko w umiarkowany sposób rzutował na wartość odżywczą jej białka (r = 0,52; P < 0,05) co oznacza, zdaniem autorów, że również białko łodyg wpływa na wysokość wskaźników EAAI i CS [31].

W badaniach porównawczych składu chemicznego masy roślinnej lucerny siewnej wykazano, że genotypy trójlistkowe o podwyższonej jakości zielonki miały podobny, jak genotypy wielolistkowe, udział liści w plonie masy roślinnej oraz podobną jakość pastewną zielonki [53]. Wielolistkowe genotypy lucerny mogą mieć w przyszłości większe znaczenie w produkcji wysokiej jakości paszy, w porównaniu z tradycyjnym typem trójlistkowym, jednak może to być osiągnięte wyłącznie przy wysokiej ekspresji wielolistkowości; niestety, cecha ta ujawnia się nieregularnie i spontanicznie [21]. Sheaffer i in. [44] wykazali istnienie wysokiej, dodatniej korelacji pomiędzy zawartością neutralnej i kwaśnej frakcji włókna w różnych siedliskowo lokalizacjach miejsc uprawy lucerny siewnej. Warunkowane jest to wystąpieniem współdziałania pomiędzy odmianami, pokosami i fazą rozwojową zbieranych roślin. Z kolei zawartość obu frakcji włókna była ujemnie skorelowana z koncentracją białka surowego i strawnością suchej masy in vitro. Stwierdzono także, że wzrastająca gęstość siewu nasion lucerny nie wpłynęła na skład chemiczny ścian komórkowych w łodygach lucerny, pochodzących z bardziej zagęszczonej runi [18].

Wykorzystanie azotu biologicznego z lucerny

Lucerna siewna i mieszańcowa oraz inne gatunki roślin motylkowatych mogą asymilować znaczne ilości azotu dzięki zdolności współżycia z bakteriami brodawkowymi. Lucerna może zgromadzić rocznie w nadziemnym plonie biomasy od 128 do 600 kg N · ha^{-1}. W badaniach Maciejewicz-Ryś i in. [31] wykazano, że lucerna mieszańcowa i wielolistkowa odmiana lucerny siewnej nagromadziły w plonie suchej masy prawie tyle samo białka, około 9950 kg · ha^{-1}, co w przeliczeniu na czysty azot rocznie wynosi 531 kg N · ha^{-1}. Mimo gromadzenia tak znacznych ilości azotu w nadziemnej biomasie lucerny, jego zawartość w środowisku glebowym nie zwiększa się nadmiernie. Wskazują na to wyniki badań nad dynamiką zmian zawartości mineralnych form azotu (N-NO_3^- i N-NH_4), określoną na trzech głębokościach profilu glebowego, w glebie czarnoziemnej, typowej dla lucerny [25]. Autorzy wykazali, że w kolejnych latach uprawy lucerny – pierwszym, drugim i czwartym – zawartość N-NO_3^- zmniejszała się i wyniosła odpowiednio 0,88, 0,71 i 0,56 mg · 100 g^{-1} gleby, zawartość jonu amonowego zaś – N-NH_4 była stabilna: 0,77, 0,74 i 0,76 mg · 100 g^{-1} gleby. Dubach i Russelle [13] określili ilości azotu w żywych i martwych korzeniach oraz brodawkach lucerny siewnej i komonicy zwyczajnej. Te wartości wykorzystano, wraz z danymi o długości korzeni i liczbie brodawek, które uległy dekompozycji, do oszacowania wielkości transferu azotu. W wyniku badań stwierdzono, że lucerna wydziela więcej azotu z rozkładających się korzeni niż z brodawek, komonica zaś – odwrotnie, jednak żadna z tych dróg wydzielania związków azotu nie jest wyłącznym sposobem transferu tego pierwiastka do gleby. Interesujące badania Burity i in. [7] przeprowadzone z użyciem roztworu 15N (techniki rozcieńczonego 15N) wykazały, że występuje transfer azotu z systemów korzeniowych roślin lucerny siewnej do różnych gatunków traw, które badano w warunkach doświadczenia polowego. Oszacowano, że transfer azotu z lucerny do traw w mieszance był wyraźny i wynosił: 26, 46 i 38% całkowitego rocznego plonu N z traw, wysianych w mieszankach z lucerną, odpowiadając ilościom: 5, 20 i 19 kg N · ha^{-1} w pierwszym, drugim i trzecim roku uprawy. Procent azotu transferowanego przed pierwszym pokosem w kolejnych trzech latach wegetacji pokazuje, że zjawisko to jest wynikiem bezpośredniej ekskrecji związków azotu z korzeni lucerny. Rozkładające się u zamarłych roślin lucerny korzenie wraz ze zgrupowanymi na nich brodawkami, mogą stanowić dodatkowe źródło azotu, transferowanego do systemu korzeniowego traw w późniejszych pokosach, czyli drugim oraz trzecim. Podkreśla się, że wszystkie gatunki traw korzystały w podobnym stopniu z transferu, choć gatunki o szybszym rozwoju i wcześniej dojrzewające, a przy tym odznaczające się większymi zdolnościami konkurencyjnymi bardziej efektywnie pobierały ten pierwiastek. Zatem uprawa lucerny z trawami jest korzystnym proekologicznym rozwiązaniem agrotechnicznym, zapobiegającym wymywaniu tego pierwiastka z lepszych rolniczo gleb, na których w kraju można podjąć ich uprawę. W tych warunkach uprawy może dojść do wystąpienia nadproduktywności mieszanek motylkowo-trawiastych, w skład których wchodzi lucerna, co z rolniczego punktu widzenia jest wysoce pozytywne [20, 55].

Podsumowanie

W pracy przedstawiono biologiczne i rolnicze uwarunkowania produktywności wieloletnich gatunków z rodzaju lucerna, czyli lucerny siewnej i mieszańcowej. Aktualnie w dobrych warunkach glebowych i klimatycznych w Polsce i Europie, do produkcji wysokobiałkowych pasz objętościowych używa się wyłącznie gatunków wieloletnich lucerny. Docenia się, że obydwa gatunki dostarczają w ciągu okresu wegetacyjnego kilku pokosów, najczęściej trzech, a w lepszych warunkach agroekologicznych czterech, lub sporadycznie nawet pięciu. W chowie zwierząt gospodarskich zielonka lucern uznawana jest za bardzo wartościową paszę, zasobną w białko, witaminy i sole mineralne, którą można skarmiać na świeżo, a obecnie także efektywnie wykorzystać do produkcji sianokiszonek i kiszonek oraz suszu i siana. Podkreślono, że obecnie obserwuje się zwiększanie powierzchni uprawy gatunków jednorocznych lucerny, które w suchszych terenach Australii i północnej Ameryki, uprawiane są jako wsiewki międzyplonowe, mające dostarczyć nawozowej biomasy, szczególnie zasobnej w azot. W opracowaniu opisano złożone zagadnienie agrotechniczne o wielorakich uwarunkowaniach, jakim jest uprawa lucerny na paszę. Obecnie postuluje się, aby agrotechnika rośliny ochronnej, najczęściej zboża jarego, umożliwiała przeżycie roślinom wsiewki lucerny w łanie rośliny ochronnej i w konsekwencji zapewniła dobrą wyjściową obsadę roślin, będącą podstawą jej satysfakcjonującego plonowania w dalszych latach wegetacji. Na podstawie analiz biometrycznych i statystycznych wyznaczników plonowania, wyeksponowano, jako decydujący element struktury plonu suchej masy lucerny, masę pojedynczego pędu, a następnie ich sumaryczne zagęszczenie na jednostce powierzchni. Zgodnie uznaje się, że wyższy wkład w plonowanie lucerny mają pędy wyrastające z szyjki korzeniowej, w porównaniu do pędów wyrastających z dolnych fragmentów łodyg. Z tego względu użytkowanie runi lucerny powinno być nakierowane na minimalizację uszkodzeń szyjek korzeniowych w czasie zbioru. Zaznaczono, że mała emisja azotu z palowego systemu korzeniowego do różnych części profilu glebowego, jest bardzo pozytywnym zjawiskiem środowiskowym, ponieważ nie prowadzi do zwiększenia zawartości tego pierwiastka w środowisku wodno-glebowym pól lucerny.

Literatura

[1] Andrzejewska J. 1996. Roślina ochronna czy roślina okrywająca? (Artykuł dyskusyjny). *Frag. Agron*. (XIII) nr 1(49): 114–117.

[2] Ball D.M., Hoveland C.S., Lacefield G.D. 1996. Nowoczesne technologie produkcji pasz objętościowych, MSDR, Kraków: 267 ss.

[3] Brown H.E., Moot D.J., Teixeira E.I. 2006. Radiation use efficiency and biomass partitioning of lucerne (*Medicago sativa*) in a temperate climate. *Europ. J. Agron*. 25: 319–327.

[4] Brzóska F., Borowiec F. 1999. Technika zbioru i zakiszania roślin motylkowatych w aspekcie składu chemicznego i wartości pokarmowej kiszonek. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, Sesja Nauk., z. 62: 31–44.

[5] Brzóska F., Gąsior R., Pieszka M.. 1999. Skład chemiczny kiszonek z lucerny zależnie od poziomu sorbentu soków i dodatków kiszonkarskich. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, Sesja Nauk., z. 62: 45–51.

[6] Buntin G.D., Pedigo L.P., 1985. Alfalfa development, dry matter accumulation, and partitioning after surrogate insect defoliation of stubble. *Crop Sci*. 25: 1035–1040.

[7] Burity H.A., Ta T.C., Faris M.A., Coulman B.E. 1989 Estimation of nitrogen fixation and transer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. *Plant & Soil* 114: 249–255.

[8] Chloupek O., Skácel M., Ehrenbergerova J. 1999. Effect of divergent selection for root size in field-grown alfalfa. *Can. J. Plant Sci*. 79: 93–95.

[9] Cunningham S.M., Volenec J.J., Teuber R., 1998. Plant survival and root and bud composition of alfalfa populations selected for contrasting fall dormancy. *Crop Sci*. 38: 962–969.

[10] Ćwintal M. 2000. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na samoregulację zagęszczenia, strukturę oraz jakość plonu lucerny mieszańcowej użytkowanej 3- i 4-kośnie. Rozp. hab. nr 233: 92 ss.

[11] De Haan R.L., Sheaffer C.C., Barnes D.K. 1997. Effect of annual medic smother plants on weed control in corn. *Agron. J.* 89: 813–821.

[12] De Haan R.L., Sheaffer C.C., Samac D.A., Moynihan J.M., Barnes D.K., 2002. Evaluaion of annual medicago for Upper Midwest agroecosystems. *J. Agron. & Crop Sci.* 188: 417–425.

[13] Dubach M., Russelle H.P. 1994. Forage legume roots and nodule and their role in nitrogen transfer. *Agron. J.* 86: 259–266.

[14] Ferguson J.E., Murphy R.P. 1973. Comparison of trifoliolate and multifoliolate phenotypes of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Crop Sci*. 13: 463–465.

[15] Fonseca C.E.L., Hansen J.L., Thomas E.M., Pell A.N., Viands D.R. 1999. Near Infrared reflectance spectroscopy prediction and heritability of neutral detergent-soluble fiber in alfalfa. *Crop Sci*. 39(5): 1265–1270.

[16] Gossen B.D., Horton P.R., Wright S.B.M., Duncan C.H. 1994. Field response of alfalfa to harvest frequency, cultivar, crown pathogens, and soil fertility: I. Survival and yield. *J. Agron*. 86: 82–88.

[17] Hall J.W., Stout D.G., Brookes B.M. 1998. Alfalfa seed germination tests and stand establishment: the role of hard (water impermeable) seed. *Can. J. Plant Sci.* 78: 295–300.

[18] Iwaasa A.D., Beauchemin K.A., Acharya S.N., Bowley S.R., Buchanan-Smith J.G. 1998. Shearing force of alfalfa stems as affected by seeding rate. *Can. J. Plant Sci.* 78: 273–280.

[19] Jamriska P. 2000. Vplyv vybranych paramertov porastu a pody na obsah dusikatych latok a stravitelnost krmu lucerny. *Polnohospodarstwo* 46(4): 280–295.

[20] Jelinowska A., Magnuszewska K. 1999. Nadproduktywność mieszanek lucerny z trawami. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, Sesja Nauk., z. 62: 169–174.

[21] Juan N.A., Sheaffer C.C., Barnes D.K. 1993. Temperature and photoperiod effects on multifoliolate expression and morphology of alfalfa. *Crop Sci*. 33: 573–578.

[22] Juan N.A., Sheafer C.C., Barnes D.K., Swanson D.R., Halgerson J.H. 1993. Leaf and stem traits and herbage quality of multifoliate alfalfa. *Agron J.* 85: 1121–1127.

[23] Kalu B.A., Fick G.W. 1983. Morphological stage of development as a predictor of alfalfa herbage quality. *Crop Sci*. 23: 1167–1172.

[24] Kański J. 1998. Wpływ wybranych czynników na dokładność szacowania wartości pokarmowej zielonki z lucerny metodą spektroskopii odbicia w bliskiej podczerwieni (NIRS). Mps. pracy doktorskiej. Bibl. Gł. AR w Krakowie: 51 ss.

[25] Kulig B., Zając T., Kołodziejczyk M. 1999. Dynamika zmian zawartości azotu mineralnego w glebie w zależności od pokosu i roku użytkowania lucerny. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, Sesja Nauk., z. 62: 221–226.

[26] Lamb J.F.S., Johnson L.D., Barnes D.K., Marquez-Ortiz J.J. 2000. A method to characterize root morphology traits in alfalfa. *Can. J. Plant Sci*. 80: 97–104.

[27] Langer G., Kunelius T., McKenzie D., Papadopoulos Y., Thomas B., McRae K., Fillmore S., Christie B., 1999. Fall cutting management affects yield and persistence of alfalfa in Atlantic Canada. *Can. J. Plant Sci.* 79: 57–63.

[28] Legere A.,Stevenson F.C.,Samson N. 2001.Tillage and weed management effects on forage production in a barley-red clover rotation. *Can. J. Plant Sci*. 81: 405–412.

[29] Lichner S., Khazim H. 1986. Vztah medzi poctom stoniek a ich hmotnostou na urodu lucerny siatej (*Medicago sativa* L.). *Polnohospodarstwo* 32(2): 97–104.

[30] Lloveras J., Ferran J., Alvarez A., Torres L. 1997. Harvest management effects on alfalfa (*Medicago sativa* L.) production and quality in Mediterranean areas. *Grass Forage Sci.* 53: 88–92

[31] Maciejewicz-Ryś J., Pisulewska E., Zając T. 2001. Porównanie wartości pokarmowej lucerny mieszańcowej (*Medicago media* Pers.) oraz wielolistnej formy lucerny siewnej (*Medicago sativa* L.) w zależności od pokosu i roku użytkowania. *Rocz. Nauk. Zoot*. 28(1): 175–187.

[32] Micek P., Zając T, Borowiec F. 2003. Skład chemiczny i wartość pokarmowa zielonki i kiszonki z owsa uprawianego jako roślina ochronna. Biul. IHAR. Nr 229: 349–357.

[33] Minson D.J. 1990. Protein in ruminant nutrition. In "Forage in Ruminant Nutrition" (red. T.J. Cuhna), Acad. Press. Inc., San Diego, N. Y., Boston: 162–207.

[34] Moynihan J.M., Simmons S.R., Sheaffer C.C. 1996. Intercropping annual medic with conventional height and semi-dwarf barley for grain. *Agron. J.* 88: 823–828.

[35] Nielsen R.L., Stuthman D.D., Barnes D.K. 1981. Interference between oats and alfalfa in mixed seedings. *Agron. J.* 73: 635–638.

[36] Nowiński M. 1970. Dzieje upraw i roślin uprawnych. PWRiL Warszawa: 387 ss.

[37] Power J.F., Koerner P.T. 1994. Cover crop production for several planting and harvest dates in Eastern Nebraska. *Agron. J*. 86: 1092–1097.

[38] Pucek T.R., Pyś J.B. 1999. The nutritive value and field of alfalfa cultivated on sulphur postmining lands. *J. Agron. & Crop Sci*. 182: 185–191.

[39] Pyś J.B., Borowiec F., Furgał K., Kamiński J., Zając T. 2000.Wpływ inokulantu bakteryjnego, glukozy i kwasu mlekowego na jakość i skład chemiczny kiszonek z lucerny mieszańcowej (*Medicago media* Pers.) i lucerny wielolistnej (*Medicago sativa* cv. *Mullifoliate*). *Acta Agr. et Silv., s. Zootech.* XXXVIII: 3–15.

[40] Rowe D.E. 1988. Lucerne persistance and yield high density stands. *Crop Sci*. 28: 491–494.

[41] Santrucek J., Svobodova M. 1999. Effect of soil compaction and cultivation on alfalfa yields. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, Sesja Nauk. z. 62: 265–272.

[42] Shatilov I.S., Dobrovolskaja V.G. 1991. Potreblenije osnovnych elementov mineralnovo pitanija lucernoj posevnoj pri pokrovom i bespokrovnom posevach. *Izv. TSCHA* (2): 11–27.

[43] Sheaffer C.C., Cash D., Ehlke N.J., Henning J.C., Jewett J.G., Johnson K.D., Peterson M.A., Smith M., Hansen J.L., Viands D.R., 1998. Entry × environment interactions for alfalfa forage quality. *Agron. J*. 90: 774–780.

[44] Sheaffer C.C., Gunsolus J.L., Jewett J.G., Lee S.H. 2002. Annual medicago as a smother crop in soybean. *J. Agron. & Crop Sci.* 188: 408–416.

[45] Shejbal B., Santrucek J., Zając T. 2001. Alfalfa and red clover forage yield after Rhizobin application. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, Sesja Nauk. 76: 73–79.

[46] Skrzyniarz H., Magnuszewski T., Kawalec A. 1999. Plonowanie i niektóre cechy struktury łanu lucerny w III roku użytkowania przy różnej wysokości i częstotliwości koszenia w poprzednich latach. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, Sesja Nauk. z. 62: 273–278.

[47] Smith D.M., Brown D.M. 1994. Rainfall-induced leaching and leaf losses from drying alfalfa forage. *Agron. J*. 86: 503–510.

[48] Sowiński J., Nowak W. 2002. Wpływ gatunku i terminu koszenia roślin ochronnych zastosowanych w uprawie lucerny na obsadę i wysokość ich plonu. *Frag. Agron.* (XIX) nr 2: 179–189.

[49] Stout D.G.1998. Effect of high lucerne (*Medicago sativa* L.) sowing rates on establishment year yield, stand persistance and forage quality. *J. Agron.& Crop Sci.* 180: 39–43.

[50] Strafelda J., Velich J., Fogl J., Hnilica P. 1985. Vliv umeleho stineni a konkurence kryci plodiny na podsevy jetelovin. *Acta Univ. Agric.* (Brno) *fac. agron.* XXXIII, 2: 75–80.

[51] Thompson D.J., Stout D.G. 1996. Influence of sowing rate on dry matter yield, plant density and survival of lucerne (*Medicago sativa* L.) under dryland and irrigated conditions. *J. Agric. Sci*. 126: 301–306.

[52] Volenec J.J., Cherney J.H. 1990. Field components, morphology, and forage quality of multifoliolate alfalfa phenotypes. *Crop Sci*. 30: 1234–1238.

[53] Wilczek M., Ćwintal M., Michałowski Cz. 1999. Plonowanie lucern różnego pochodzenia w warunkach 3- i 4-kośnego zbioru. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, Sesja Nauk., z. 62: 363–368.

[54] Zając T. 1987: Wpływ terminu zbioru na wysokość i strukturę plonu suchej masy czternastu odmian lucerny mieszańcowej (*Medicago media* Pers.). *Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rolnictwo* 27: 205–220.

[55] Zając T. 1998. Studium porównawcze cech morfologicznych i produktywności lucerny mieszańcowej (*Medicago media* Pers.) uprawianej w czystym siewie i w mieszankach z roślinami motylkowatymi i trawami. Cz. I. Cechy morfologiczne roślin i struktura łanu w zależności od sposobu siewu. *Acta Agrobot*. 51(1–2): 4–21.

[56] Zając T. 1999. Studium porównawcze cech morfologicznych i produktywności lucerny mieszańcowej (*Medicago media* Pers.) uprawianej w czystym siewie i w mieszankach z roślinami motylkowatymi i trawami. Cz. II. Współzależność cech morfologicznych roślin motylkowatych w I pokosie. *Acta Agrobot*. 52(1–2): 59–73.

[57] Zając T., Santrucek J. 2003. Rozwój odmian lucerny w zależności od doboru roślin ochronnych. *Acta Agr. et Silv*., s. *Agr*. 40: 57–62.

[58] Zhu Y., Sheaffer C.C., Vance C.P., Graham P.H., Russelle M.P., Montealegre C.M. 1998. Inoculation and nitrogen affect herbage and symbiotic properties of annual *Medicago* species. *Agron. J*. 90: 781–786.

Lucerne (*Medicago* sp.) morphological traits and agricultural properties determining yielding and chemical composition

Key words: lucerne, morphological traits, growing, sowing, yield, chemical composition

Summary

Perennial species of lucerne genus, *M. sativa* and *M. media*, are characterized by high yielding and feeding value for ruminants. Recently, a decrease of interest in alfalfa growing and utilization is noted, as a number of papers connected with this subject is going down in Polish and in world literature. New species of annual lucerne (medics) are introduced to growing in agriculture of Australia and North America, nowadays. By definition, medics should develop long and thick stems, should be late-maturing and of non-determined growth type, they also should be a source of biomass rich in nitrogen. Lucerne sowing is a complicated issue of cultivation technology, related to its term and method, number of seeds sowed and a choice of proper species and cultivars of the cover crops. Complex of these factors influence, in large scale, the success of alfalfa growing and yielding, both in the sowing year and in next years of vegetation. Cultivation technology of lucerne cover crops should allow undersown lucerne to survive and, in consequence, correct plant density which influences its productivity at cuttings, with high contribution of leaves in the yield. Lucerne leaves are the main place of photosynthesis phenomenon and main location of proteins. Nutritional value of lucerne proteins and exogenic amino-acids indicator increase, when the share of leaves in dry matter yield rises up. This is a reason for introducing a multifoliolate trait, increased level of leaves in proportion to stems, for feeding value improvement. Yields of lucerne (*M. sativa* and *M. media*) fresh matter in each cutting depend on the number of stems per area and on mean mass of stem. Lucerne perennial species exert small amounts of nitrogen to soil profile, which reaches: 5, 20 and 19 kg $N \cdot ha^{-1}$ in 1st, 2nd and 3rd year of its growing, respectively. This level refers to direct nitrogen secretion from tap roots, from decomposing roots and root nodles.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 57–64

Boczniak mikołajkowy *Pleurotus eryngii* – charakterystyka gatunku i czynniki wpływające na plonowanie

Krzysztof Sobieralski, Małgorzata Nowak
Katedra Warzywnictwa
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu
ul. Dąbrowskigo 159,
60-594 Poznań
e-mail: sobieralski@au.poznan.pl

Słowa kluczowe: boczniak mikołajkowy, *Pleurotus eryngii*, podłoża, grzybnia, uprawa

Wstęp

Grzyby z rodzaju *Pleurotus* stanowią 14% światowej produkcji grzybów jadalnych [5]. Do gatunków boczniaka uprawianych w Europie należą *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer, *Pleurotus columbinus* (Fr.) Quel, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel, *Pleurotus cornucopiae* (Pers.) Rolland, *Pleurotus precoce* (Fr.) Quel, *Pleurotus eryngii* (Fr.) Quel [26]. Boczniak w naturalnej przyrodzie występuje na wszystkich kontynentach kuli ziemskiej poza Antarktydą [27].

Pleurotus eryngii w naturze występuje we wschodniej Europie i północnej Afryce oraz centralnej Azji. Grzyb ten jest saprotrofem, ale może występować także jako pasożyt fakultatywny na zamierających roślinach mikołajka polnego – *Eryngium campestre* L. [29]. Duża zmienność rodzaju *Pleurotus* pozwoliła wyselekcjonować w laboratoriach hodowlanych wiele form, które znajdują się w uprawie jako odrębne odmiany [44]. *Pleurotus eryngii* znany jest producentom jako odmiana P30 firmy Hauser i Claron albo P34 firmy Italspawn [51] lub też 3056 firmy Somycel [20]. Gatunki, a nawet odmiany boczniaka, różnią się cechami morfologicznymi: wielkością, kształtem i barwą owocników, przebiegiem plonowania oraz wymaganiami klimatycznymi i pokarmowymi [20].

Właściwości boczniaka mikołajkowego

W ostatnich kilkunastu latach grzyby znalazły zastosowanie jako żywność funkcjonalna, co zgodnie z definicją Unii Europejskiej oznacza, że są one produktami wykazującymi, udokumentowany badaniami naukowymi, korzystny wpływ na zdrowie – ponad ten, który wynika z obecności w nich składników odżywczych tradycyjnie uznanych za niezbędne [37].

Boczniak zawiera więcej niż inne grzyby witamin z grupy B oraz witaminy PP. Ma także znaczną zawartość metali alkalicznych, wśród których podstawowe znaczenie ma potas [43]. *Pleurotus eryngii* jest mało rozpowszechnionym gatunkiem boczniaka, pomimo wspaniałego smaku i dużej wartości odżywczej [50].

Charakterystyka gatunku

Boczniak mikołajkowy zaliczany jest do: klasy *Basidiomycetes*, rzędu *Agaricales*, rodziny *Pleurotaceae* [12] lub rodziny *Tricholomataceae* [14]. Wygląd i wielkość owocników tego gatunku zmieniają się pod wpływem warunków zewnętrznych, ale pozostają charakterystyczne dla odmiany [16]. Kapelusz *Pleurotus eryngii* ma barwę kremową do jasnobrązowej, a trzon jest biały, osadzony centralnie i jest jadalny [50]. Kapelusze o średnicy 3–12 cm, są początkowo wypukłe, a w miarę wzrostu mają pogłębiające się wklęśnięcie w środku. Trzon jest gruby, długości 3–10 cm, zwężający się ku dołowi [36]. Należy podkreślić, że trzony wyrośniętych owocników boczniaka, za wyjątkiem gatunku *Pleurotus eryngii* są łykowate i w związku z tym niejadalne [10]. Zarodniki boczniaka są elipsoidalne o wymiarach 8–11 × 3–4 μm [8] i mogą powodować alergie układu oddechowego u ludzi [16, 25]. Boczniak jest saprotroficzny [8] i rozkłada substancje zawierające celulozę lub ligninę [19, 21, 28, 34, 42] oraz hemicelulozę [34]. Grzyby należą do organizmów szybkorosnących. W związku z tym mają bardzo aktywne układy enzymatyczne. System ligninolityczny *Pleurotus eryngii* powoduje biodegradację ligniny. W skład tego systemu wchodzą Mn-peroksydaza i lakkaza [7]. Kluczowym elementem rozkładu biologicznego ligniny jest jej utlenianie katalizowane przez peroksydazę aktywowaną za pomocą H_2O_2 oraz mediatorów [22]. Wiele badań wykazało, że aktywność enzymów celulolitycznych jest uzależniona od odczynu podłoża [17].

Większość grzybów, dzięki zawartym w nich enzymom – przede wszystkim oksydoreduktazom, ma duże zdolności do biodegradacji podłoża. Wykazano, że enzym AAO produkowany przez *Pleurotus eryngii* wnika do komórek roślinnych, powodując ich degradację. Produkcję zewnątrzkomórkowego polisacharydu (zawierającego 87% glukozy) oraz H_2O_2, wpływających na produkcję enzymu – aryl-alkoholowej oksydazy (AAO) stymuluje słoma pszenna [3].

Uprawa boczniaka mikołajkowgo

Uprawę tego gatunku można prowadzić ekstensywnie, wykorzystując naturalne podłoże boczniaka – drewno, lub też intensywnie, używając jako podłoża różnorodnych materiałów pochodzenia roślinnego, zapewniających krótkie cykle uprawowe i wysoką wydajność [46]. Prowadząc ekstensywną uprawę na drewnie stosuje się klocki drewna, karpy drzew owocowych i odpady sadownicze oraz odpady przemysłu drzewnego [9].

Uprawę intensywną *Pleurotus eryngii* można prowadzić także w słojach lub butlach polipropylenowych [36]. Boczniak może dobrze rosnąć na pasteryzowanym podłożu, m.in. słomie pszenicy, ryżu, żyta, łodygach kukurydzianych, ale także na litym drewnie. Jest gatunkiem mało wymagającym [38]. Dobre rezultaty w uprawie boczniaka osiąga się przy użyciu podłoży ze słomy zbóż [26, 46]. Słoma użyta jako podłoże powinna być zdrowa i świeża, bez oznak czernienia i spleśnienia [51]. Wyniki wielu badań wykazały, że słoma pszenna stanowiła lepsze podłoże dla uprawy *Pleurotus eryngii* niż słoma żytnia [48]. Ponadto na podłożu ze słomy pszennej grzybnia *Pleurotus eryngii* znacznie szybciej rozpoczęła owocowanie niż na podłożu ze słomy żytniej.

Do uprawy nadają się także podłoża z trocin bukowych, brzozowych i słoma jęczmienna, owsiana [30, 118] oraz słoma gryki [6]. Różne gatunki i odmiany boczniaka mogą być uprawiane na słomie ryżowej, trocinach, odpadach przemysłu tekstylnego – bawełnianego, łuskach nasiennych, kaczanach kukurydzy, odpadach przemysłu cukrowniczego, słomie fasoli, bawełnie, łuskach bawełnianych [40], do uprawy nadaje się również papier. W Japonii wykorzystuje się do uprawy słomę ryżową lub trociny drzew wymieszanych z sieczką ze słomy i z drobnymi gałązkami [45]. Podłoża często uzupełnia się dodatkami, tj. ziarnem, otrębami [33], słomą roślin strączkowych [31]. Stwierdzono, że dodatek łupin słonecznika do słomy zwiększał plon [4]. Zastosowanie jako dodatku do słomy pszennej i żytniej, mączki sojowej, mączki z lucerny lub koniczyny, mączki z pierza i pomiotu kurzego [6, 45] oraz preparatów, takich jak Milichamp i Calprozyme, wpływało na zwiększenie plonu [15, 32]. Dodanie 2% ekstraktu słodowego do podłoża również zwiększało plon *Pleurotus eryngii* [1]. Brak suplementów powodował zmniejszenie plonu i wielkości owocników [32].

Komponenty podłoża zawierające węgiel stymulowały wzrost *Pleurotus*, wyjątek stanowiły m.in. skrobia, dekstryny i ryboza. Węgiel zawarty w celulozie jest najszybciej wykorzystywany, następne w kolejności są glukoza i mannoza. Optymalny stosunek węgla do azotu wynosił 5 : 2, natomiast stosunek C : N, wynoszący 1 : 3, 1 : 4, powodował najmniejsze wykorzystanie składników podłoża przez grzybnię [2]. Zastosowanie ekstraktu drożdżowego, kazeiny i glicyny (glikolu) intensyfikuje wzrost grzybów. Jak wykazały wyniki badań, grzyby najszybciej metabolizują tłuszcz i oleje. Dodatek oleju z nasion bawełny stymulował wzrost grzybni.

Materiałem rozmnożeniowym w uprawie boczniaka jest grzybnia. W wyniku przeszczepiania jej na odpowiednio preparowane ziarno zbóż otrzymuje się grzybnię handlową [48]. Przerośnięte podłoże z ziarna powinno być sypkie [8]. Grzybnia może być przechowywana w temperaturze pokojowej najwyżej kilka dni, a przez dłuższy okres, 2–3 tygodni, można przechowywać ją w chłodni w temperaturze 2–4°C [20]. W trakcie przechowywania w wyższych temperaturach przy wysokiej aktywności metabolicznej grzybni, następuje szybkie wyczerpanie składników zawartych w ziarnie, a osłabioną grzybnię łatwo atakują, bądź hamują jej wzrost, mikroorganizmy konkurencyjne [8]. Głównymi konkurentami boczniaka w podłożu są *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc., *Monillia* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* spp. oraz *Trichoderma hamatum* (Bon.) Bain. Do najgroźniejszych szkodników należą muchówki, nicienie i roztocza [8, 10, 26]. Wartość produkcyjna grzybni maleje podczas jej przechowywania [20]. Wzrost grzybni boczniaka i jego plonowanie zależą od wielu czynników. Obok właściwości genetycznych dużą rolę odgrywają czynniki środowiska [48] oraz czynniki agrotechniczne i mikroklimatyczne [26]. W rozdrobnionym i nawilżonym materiale znajduje się dużo mikroorganizmów, zwłaszcza grzybów pleśniowych, jak *Penicillium* sp., które zagrażają rozwojowi boczniaka. W podłożu mogą również znajdować się larwy muchówek, nicienie i roztocza, które niszczą rozrastającą się grzybnię [16, 8, 26]. W celu wykluczenia konkurencyjnych mikroorganizmów i szkodników materiały użyte jako podłoża muszą zostać poddane pasteryzacji [6, 15, 16, 39, 46].

Słomę należy pociąć na sieczkę długości 1,5–2 cm [6, 13] lub 3–5 cm [23]. Zaleca się moczenie słomy w wodzie przez 24–48 h [15, 23]. Nawilżona sieczka poddawana jest w komorze procesowi pasteryzacji w masie [78]. Optymalny okres pasteryzacji w temperaturze 60°C dla słomy pszennej wynosi 48 h, a dla słomy żytniej 72 h [48]. Wielu badaczy wykazało, że pasteryzacja jest czynnikiem decydującym o plonowaniu boczniaka [8]. Pasteryzacja w temperaturze 60°C przez 8 godzin, a następnie przez 72 godziny przy 48–50°C jest najkorzystniejsza [46]. Sterylizacja w autoklawie lub ogrzewanie w temperaturze 86°C zwiększają zawartość cukru i czynią podłoże bardziej wrażliwym na zakażenia.

Zaleca się kondycjonowanie podłoża przez 72 godziny przy temperaturze 48–50°C [46]. Podłoże po pasteryzacji, schłodzone do temperatury około 25°C, należy dokładnie wymieszać z grzybnią handlową boczniaka [18]. Dla *Pleurotus eryngii* należy użyć 4–5% grzybni w stosunku do masy podłoża [50]. Im więcej materiału rozmnożeniowego zostanie użyte, tym szybciej podłoże zostanie opanowane przez grzybnię boczniaka [23]. Podłożem wymieszanym z grzybnią napełnia się worki foliowe wykonane z rękawa foliowego (grubość folii 0,2 mm) perforowanego. Najlepiej używać worków średnicy 30–40 cm, ponieważ zachowany jest wtedy najkorzystniejszy stosunek pomiędzy objętością podłoża a powierzchnią zbioru owocników [8]. Otwory w workach powinny mieć średnicę 10 mm w odstępach 6 × 6 cm [48].

Czynniki wpływające na przebieg uprawy

Wilgotność podłoża dla boczniaka powinna mieścić się w zakresie 68–72% [11]. Optymalny dla rozwoju boczniaka odczyn podłoża wynosi 5,2–7,0 [26]. Największe plony uzyskiwano przy pH podłoża 6,8–7,6 [48]. W różnych fazach rozwojowych boczniaka wymagane są odmienne warunki temperatury [8, 10]. Gatunki, a nawet odmiany różnią się istotnie wymaganiami w stosunku do temperatury [20]. Optymalna temperatura plonowania jest zróżnicowana i w zależności od gatunku i odmiany wynosi 15–18°C, 18–21°C [48]. W okresie rozrastania się grzybni optymalna temperatura powietrza powinna wynosić 18–20°C, a temperatura podłoża powinna zawsze być o kilka stopni wyższa [8, 51]. Wysokie wymagania cieplne w okresie owocowania pozwalają na uprawę *Pleurotus eryngii* w okresie letnim. Uprawiane w Polsce gatunki boczniaka w okresach wyższych temperatur często nie plonują lub też tworzą owocniki gorszej jakości [48]. Grzybnia *Pleurotus eryngii* rozrasta się wolniej niż innych gatunków boczniaka, a więc podłoże jest bardziej narażone na infekcje [50].

Maksymalna temperatura dla wzrostu grzybni zależy także od gatunku i odmiany boczniaka. Temperatura optymalna dla wzrostu grzybni boczniaka wynosi 22–28°C [20]. Liczne badania potwierdzają jednak, że temperatura wzrostu grzybni powinna wynosić ok. 24°C [47]. Temperatura podłoża poniżej 22°C lub powyżej 28°C wyraźnie hamowała wzrost grzybni [47]. Pojawienie się grzybni na powierzchni świadczy o tym, że opanowała ona podłoże.

Wilgotność powietrza w okresie wzrostu grzybni oraz tworzenia i wzrostu owocników powinna być duża i wynosić 85–95%, tuż przed zbiorem mniejsza 70–80%, natomiast między rzutami plonowania – powinna wynosić 85–95% [16]. Dla *Pleurotus eryngii* optymalna wilgotność powietrza w pomieszczeniu uprawowym w okresie tworzenia zawiązków owocników wynosi 90–95%, w czasie dorastania owocników wilgotność powietrza należy obniżyć do około 85% [50].

Skład gazowy atmosfery jest bardzo ważnym czynnikiem wzrostu, dlatego pomieszczenia uprawowe należy wietrzyć 3–4 razy na dobę [46] i utrzymywać wietrzenie na takim poziomie, by stężenie dwutlenku węgla nie przekraczało 0,08% [51]. Właśnie przy takim stężeniu CO_2 uzyskano największe plony [48]. Maksymalne wartości stężenia CO_2 powinny wynosić 0,06–0,07% [17]. Zbyt duża koncentracja CO_2 powodowała powstawanie owocników zdeformowanych [17]. Reakcja odmian na zwiększoną zawartość dwutlenku węgla w powietrzu podczas tworzenia owocników była różna [17, 39]. Zwiększona zawartość dwutlenku węgla działała stymulująco na wzrost grzybni boczniaka [103]. Dla zawiązywania owocników i ich prawidłowego wykształcenia konieczne było zmniejszenie stężenia dwutlenku węgla w powietrzu do wartości poniżej 0,1%. Stężenie CO_2 w powietrzu powyżej 0,1% powodowało deformację owocników, a przy przekroczeniu poziomu 0,2% nie dochodziło w ogóle do tworzenia owocników [48]. Gdy wymiana powietrza, mająca na celu odprowadzenie nadmiaru CO_2 z pomieszczeń uprawowych, nie była wystarczająca, udział masy trzonów w masie owocników wynosił ponad 30% [26].

Światło w okresie wzrostu grzybni nie jest konieczne, ale w istotny sposób wpływa na procesy wzrostu i rozwoju owocników boczniaka [8, 10, 24, 26]. Największe plony uzyskano w uprawach oświetlanych światłem fluorescencyjnym [49]. Duży udział widma niebieskiego najbardziej stymulował wzrost owocników boczniaka, podczas gdy spektrum zbliżone do podczerwieni było słabiej stymulujące [35]. W okresie plonowania *Pleurotus eryngii* należy zapewnić światło o natężeniu 400–600 luksów. Dla *Pleurotus eryngii* optymalny czas oświetlenia wynosił 10–12 godzin na dobę [51]. Wielkość kapelusza i długość trzonu zależała od natężenia światła [41]. Największe plony uzyskano z upraw oświetlonych światłem fluorescencyjnym o natężeniu powyżej 500 lx przez 12 h na dobę [48]. Wymagania w stosunku do intensywności oświetlenia u gatunków i odmian są różne [32].

Zbiór owocników

Faza inkubacji, w zależności od odmiany, rodzaju podłoża, temperatury oraz ilości użytego materiału rozmnożeniowego, trwa od 14 do 21 dni [20]. W uprawie intensywnej owocniki zebrane w pierwszym i drugim rzucie stanowiły ok. 90% plonu, który można uzyskać z danej uprawy [32]. Drugi rzut pojawia się 10–12 dni po pierwszym [26]. Linia cięcia owocników musi być jak najbliżej podłoża [18]. Zbioru owocników dokonuje się, gdy brzegi kapeluszy uprzednio podwinięte przechodzą do pozycji poziomej. Średnica kapelusza, grubość i długość trzonu to cechy morfologiczne owocnika, które były modyfikowane przez temperaturę, światło i zawartość CO_2 w powietrzu [48].

Stosunek węgla do azotu podczas uprawy boczniaka, bez względu na wyjściowy skład podłoża, maleje. Podłoże po uprawie boczniaka można wykorzystać jako cenny dodatek do pasz [38].

Podsumowanie

Grzyby z rodzaju *Pleurotus* mają znaczny udział w światowej produkcji grzybów jadalnych. Najpowszechniej uprawiany jest *Plerotus ostreatus*. *Pleurotus eryngii* jest jeszcze mało rozpowszechnionym gatunkiem, pomimo wspaniałego smaku i dużej wartości odżywczej. Jest cennym źródłem witamin i minerałów.

Uprawę *Pleurotus eryngii* można prowadzić zarówno ekstensywnie, jak i intensywnie. W uprawie ekstensywnej używa się jako podłoża drewnianych klocków, odpadów sadowniczych oraz odpadów przemysłu drzewnego. Uprawę intensywną prowadzi się w słojach i butlach polipropylenowych na pasteryzowanym podłożu ze słomy pszennej, ryżu, żyta.

Obecnie w Katedrze Warzywnictwa AR w Poznaniu prowadzone są badania nad opracowaniem podłoża oraz optymalnych warunków wzrostu dla *Pleurotus eryngii*.

Literatura

[1] Alavi A., Goltapeh E.M., Kashi A., Kazem A. 2005. Effect of media and supplementation on yield of wild Pleurotus eryngii isolates Chaharmahal & Bkhtiary province (Iran). 5th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, 8–12 IV, Shanghai, China.

[2] Anyakorah C.I., Okafor N., Olatunji O. 2004. Carbon and nitrogen requirements for the cultivation of oyster mushroom *Pleurotus sajor-caju*. *Nigerian Food Journal* 22: 127–132.

[3] Barrasa J.M., Gutiérrez A., Escaso V., Guillén F., Martínez M.J., Martínez A.T. 1998. Electron and fluorescence microscopy of extracellular glucan and aryl-alcohol oxidase during wheat-straw degradation by *Pleurotus eryngii*. *Appl Environ Microbiol.* 64(1): 325–332.

[4] Bugarski D., Takac A., Jevtic S., Lazic B. 1997. Influence of substrates on fructification of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. Proceedings of the first Balkan Symposium on vegetables, *Acta Horticultura* 462: 891–894.

[5] Chang S.T. 1999. World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. in China. *International J. Med. Mush*.1: 291–300.

[6] Eder J. 1990. Untersuchungen zur Produktionstechnik für den Anbau von Austernpilz (*Pleurotus* ssp.) Mitt. Versuchsanst.Pilzanbau, Sonderh. 9.

[7] Ferrer-Martinez A.T. 1997. An evaluation of enzymatic and radical-mediated reactions in lignin attack by fungi from the genera *Pleurotus* and *Phanerochaete*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, Spain.

[8] Gapiński M. 1995. Boczniak. PWRiL, Poznań.

[9] Gapiński M., Woźniak W. 1991. Uprawa grzybów, produkcja amatorska i drobnotowarowa. PWRiL.

[10] Gapiński M., Woźniak W., Ziombra M. 1992. Boczniak. PWRiL, Poznań.

[11] Gapiński M., Woźniak W., Ziombra M. 2001. Boczniak Technologia uprawy i przetwarzania. PWRiL, Poznań: 64.

[12] Gumińska B., Wojewoda W. 1985. Grzyby i ich oznaczanie. PWRiL,W-a.

[13] Heltay I. 1991. *Pleurotus* sp. Anbaubetrieb der kompakten Serie, isbesondereder Variante 52/1200, typ Mediterran, mit Xeroherm-Substrat-Vorbereitungs-Verfahren. *Der Champignon* 62: 13–46.

[14] Hilber O. 1989. Valid, invalid and confusing taxa of the genus *Pleurotus*. *Mushroom Sci*. 12: 241–248.

[15] Houdeau G., Olivier I.M., Libmond S., Bawadikji H. 1991. Improvement of *Pleurotus* cultivation. W: Science and cultivation of edible fungi. Red. M.J. Maher. Balkema, Rotterdam: 549–554.

[16] Imbernon M., Houdeau G., Miller L. 1991. *Pleurotus pulmonarius* 3300INRA-Somycel: a new poorly sporulating strain. W: Science and cultivation of edible fungi. Red. M.J. Maher. Balkema, Rotterdam: 555–559.

[17] Jamroz J., Kalbarczyk J. 1994. Ocena aktywności celulolitycznej płynów pohodowlanych *Pleurotus ostreatus*. *Probl. Hig.* 44: 184–188.

[18] Ju H.-Y. (Hal). 1994. Oyster Mushroom Cultivation. IX: 94–03.

[19] Kalbarczyk J., Jamroz J., Kasperek K. 1992. Wpływ aktywności enzymatycznej grzybni na wydajność biomasy grzybni i owocników *Pleurotus ostreatus*. *Biul. Inf. Przem. Pasz*. 31(1): 75–83.

[20] Kalberer P. 1992. Moderne Methoden des Pleurotus-Anbaus. *Champignon* 369(5):176–184.

[21] Kerem Z., Friesem D., Hadar Y. 1992. Lignocellulose degradation during solid-state fermentation: *Pleurotus ostreatus* versus Phanerochaetechrysosporium. *Appl. Environ. Microbiol*. 58: 1121–1127.

[22] Kirk T.A., Farrell R.L. 1987. Toward elucidating the mechanism of action of the ligninolytic system in *Basidiomycetes*. *Annu. Rev. Microbiol.* 41: 465–505.

[23] Laborde J. 1989. Instalations pour la culture des Pleurotes. *Bulletin FNSACC* 42: 65–85.

[24] Laborde J. 1989. Technologie moderne de production des Pleurotus. *Mushroom Sci*. 12: 135–155.

[25] Lang W.F., Li D.D., Zhou J.H., Chen W, Li. F. 1993. Relation of IL-2, IL-3 and IL-4 with allergic asthma induced by spores of mushroom (*Pleurotus* sp.). Biomed. Environ. Sci. 6(3): 281–285.

[26] Lelley J. 1991. Pilzanbau. Biotechnologie der Kulturspeisepilze. Ulmer, Stuttgart.

[27] Müller E., Loeffler W. 1992. Zarys mikologii. PWRiL.W-a.

[28] Martinez A.T., Camarero S., Guillen F., Gutierrez A., Munoz C., Varela E., Martinez M.J, Barrasa J.M., Ruel K., Pelayo J.M. 1994. Progress in biopulping of non-woody materials: chemical, enzymatic and ultrastructural aspects of wheat straw delignification with ligninolytic fungi from the genus *Pleurotus*. *FEMS Microbiol. Rev*. 13: 265–274.

[29] Nilsson S., Persson O. 1978. Fungi of Northern Europe. Gris Impressores. Portugal.

[30] Pani B., Panda S., Das S. 1997. Utilization of some by-products and other wastes for sporophore production of oyster mushroom. *Orissa Journal Horticulture* 25(1): 26–29.

[31] Poppe J. 1995. Cultivation of edible mushrooms on tropical agricultural wastes. Biennial Training course, ABOS & VLIR, University Gent.

[32] Royse D.J., Zaki S.A. 1991. Yield stimulation of *Pleurotus flabellatus* by dual nutrient supplementation of pasteurized wheat straw. W: Science and cultivation of edible fungi. Red. M.J. Maher. Balkema, Rotterdam: 545–547.

[33] Royse D.J. 1997. Specialty mushrooms and their cultivation. W: Horticultural Reviews. J. Janick, red., John Wiley and Sons, New York. 19: 59–97.

[34] Sanijeev S., Rai R.D. 1992. Effect of pretreatments of wheat straw on biodegradation by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sign. *Mushroom Res*. 1,2: 131–133.

[35] Schies U. 1990. Die Wirkung der semianaeroben Fermentation auf tierische Schädlinge. *Champignon* 342: 18–28.

[36] Siwulski M., Sobieralski K. 2004. Uprawa grzybów jadalnych i leczniczych w warunkach naturalnych. Poradnik.
[37] Solomon P., Wasser S.P., Weis A. 1999. Therapeutic effects of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: a modern perspective. *Critical Rev. Immunol*. 19: 65–96.
[38] Stamets P. 2002. The Natural Farmer. Permaculture with a Mucological Twist-Spring 2002. Special Supplement on AgroForesty.
[39] Stölzer S., Grabbe J. 1991. Massnahmen zur Verhinderung des Schimmelpilzbefalls im *Pleurotus*-Anbau auf Weizenstroh. *Champignon* 356:13–21.
[40] Sun Pei-Ji, Jian-Jun Yu 1989.The cultivation of *Pleurotus* mushrooms on sterilized substrate in the field. *Mushroom Science* 12(2): 219–228.
[41] Trukhonovets V. 1991. Effect of illumination intensity on the formation of fruiting bodies in *Pleurotus ostreatus* (JACQ. FR .) KUMM. *Ukr. Bot. Zh.* 48(2): 67–72.
[42] Vetter I. 1992. Der Anbau verschiedener Lignozellulosen durch Anbau des Austernpilzes (*Pleurotus ostreatus*). *Mikologie* 58(2): 161–172.
[43] Woźniak W., Sobkowska E., Gapiński M., Ziombra M. 1987. Wpływ podłoża uprawowego na skład boczniaka ostrygowatego (*Pleurotus ostreatus* FR.) ex JACĄUIN P. *Probl. Hig*. 32: 86–98.
[44] Zervakis G., La Rocca S., Venturella G. 2000. *Pleurotus eryngii* var. *elaeoselini* var. nov. from Sicily. *Mycotaxon* 76: 419–427.
[45] Ziombra M. 1988. Wpływ różnych dodatków do podłoży na wzrost grzybni na wzrost boczniaka ostrygowatego *Pleurotus ostreatus* (F T.) KUMM. *Rocz. AR Poznań* 180, *Ogrodn.* 14: 191–201.
[46] Ziombra M. 1993. Plonowanie różnych odmian boczniaka w zależności od pasteryzacji podłoża. W: Materiały Ogólnopolskiego Sympozjum „Nowe rośliny i technologie w ogrodnictwie" AR, Poznań: 82–85.
[47] Ziombra M. 1996. Wzrost grzybni i plonowanie kilku taksonów boczniaka na wybranych podłożach. W: Materiały VI Zjazdu Hodowców Roślin Ogrodniczych „Hodowla roślin o podwyższonej jakości" AR, Kraków: 293–297.
[48] Ziombra M. 1998. Wpływ podłoża i pasteryzacji na plonowanie boczniaka *Pleurotus eryngii* (FR.) QUEL. *Roczn. AR Pozn*. CCCIV. *Ogrodnictwo*: 373–376.
[49] Ziombra M. 1998. Wpływ niektórych czynników na wzrost grzybni i plonowanie boczniaka. *Roczn. AR Pozn. Rozprawy naukowe* 278.
[50] Ziombra M. 1999. Spostrzeżenia dotyczące uprawy *Pleurotus eryngii*. *Biuletyn Producenta Pieczarek* 4: 40–42.
[51] Ziombra M. 1999. Influence of substrate pasteurization methods on yielding of some *Pleurotus* cultivars. *Vegetable Crops Research Bulletin*. Research Institute of Vegetable Crops Skierniewice Poland 51.

Oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) – characteristics of the species and some factors affecting the yielding

Key words: *Pleurotus eryngii*, substrates, spawn, cultivation

Summary

The participation of oyster mushroom in total world production of edible mushroom is high. *Plerotus ostreatus* is the best known and cultivated fungus. *Pleurotus eryngii* is less known, despite of its delicious taste and high nutritional value. This species contents many vitamins and minerals.

It is possible to cultivate *P. eryngii* in extensive or intensive method. Natural materials, i.a. wood logs, fruit-growing wastes as well as the wastes of wood industry were used as substrates in extensive method. Intensive cultivation is conducted in pots or polypropylene bottles on pasteurized substrates of wheat, rice and rye straw.

The experiments to determine the most suitable substrate and optimum conditions for growing *Pleurotus eryngii* are being conducted at Department of Vegetable Crops, Agricultural University of Poznań.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 65–73

Grzyby z rodzaju *Trichoderma* w uprawie pieczarki i boczniaka

[1]Krzysztof Sobieralski, [1]Marek Siwulski, [2]Lidia Irzykowska, [1]Iwona Sas-Golak, [1]Izabella Grzebielucha
[1]Katedra Warzywnictwa, [2]Katedra Fitopatologii
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu
ul. Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań
e-mail:sobieralski@au.poznan.pl

Słowa kluczowe: *Trichoderma*, zielona pleśń, uprawa, pieczarka, boczniak

Wstęp

Rozwijająca się niezwykle intensywnie uprawa grzybów w Polsce napotyka szereg problemów i ograniczeń. Jednym z poważniejszych zagrożeń jest porażanie uprawy przez grzyby z rodzaju *Trichoderma*. Patogeny z rodzaju *Trichoderma* są znane producentom grzybów na całym świecie jako groźny czynnik chorobotwórczy powodujący duże straty w uprawie pieczarki, boczniaka, shiitake i innych grzybów uprawnych. Grzyby z rodzaju *Trichoderma* konkurują z grzybami uprawnymi o pokarm, mogą powodować zahamowanie wzrostu grzybni lub nawet jej całkowity zanik. Niektóre gatunki *Trichoderma* pasożytują na żywej grzybni, inne rozwijają się tylko w podłożu. Zielone pleśnie są obecnie jednym z najpoważniejszych zagrożeń wpływających na rozwój produkcji pieczarki i boczniaka w naszym kraju. Porażenie uprawy grzybami z rodzaju *Trichoderma* powoduje duże straty, jest przyczyną znacznego obniżenia plonowania.

Trichoderma ssp. w uprawie grzybów

W uprawie grzybów opisano dokładnie następujące gatunki patogenów z rodzaju *Trichoderma*: *T. harzianum* Rifai, *T. viride* Pers., *T. aureoviride* Rifai., *T. koningii* (Oudem.) Duché & R. Heim., *T. hamatum* (Bon.) Bain., *T. piluliferum* Webster & Rifai., *T. pseudokoningii* (Rifai.), *T. longibrachiatum* Rifai., *T. inhamatum* Veerkamp & W. Gams, *T. croceum* Bissett, *T. stricipile*, *T. atroviride*, *T. cf. virens*,

T. parceramosum Bissett. Spośród wymienionych gatunków największe straty w produkcji pieczarek i boczniaka wywołuje *T. harzianum* występująca w postaci czterech szczepów bądź biotypów. W uprawie *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach straty spowodowane są przez *Trichoderma aggressivum* Samuels et al. w Ameryce Północnej, a w Europie przez *Trichoderma aggressivum* f. *europeanum* Samuels & W. Gams. Opisywane w literaturze jako *Trichoderma harzianum* biotypy Th4 i Th2 reprezentują agresywne szczepy, natomiast nieagresywne biotypy opisane są jako Th1 i Th3. Biotypy Th4 iTh2 wyróżniają się spośród podobnych morfologicznie szczepów *T. harzianum* i *T. atroviride* (biotyp Th3) szybkością wzrostu [22, 45, 50]. *Trichoderma harzianum* cechuje się białą grzybnią, która porasta ziemię okrywową i grzyby powodując ich zamieranie. Powstała masa zarodników jest w kolorze szmaragdowozielonym. Szczep *Trichoderma* Th4 poraża gwałtownie pieczarkę i wykazuje dużą ekspansywność, powoduje też znaczące straty w uprawie boczniaka i shiitake [4, 5, 17].

Prowadzone badania dotyczyły zakażenia podłoża w uprawie pieczarki przez gatunki z rodzaju *Trichoderma*. Charakterystyki szczepów *Trichoderma* dokonano posługując się następującymi cechami: szybkość wzrostu grzybni na pożywkach w różnych temperaturach, zdolność do barwienia pożywek, zapach kolonii, wielkość zarodników i ich kształt oraz rozmieszczenie grup zarodników. Na podstawie tych kryteriów wyodrębniono siedem szczepów *Trichoderma* i dwa gatunki *Gliocladium*, często obecne w pieczarkarniach lub kompostowniach podłoża. Wymienione patogeny przetestowano in vitro pod względem zdolności infekowania szeregu podłoży bez lub z wysianą grzybnią pieczarki. Te spośród nich, które okazały się infekcyjne, użyto do dalszych badań w pieczarkarniach. Gatunkami o stosunkowo małej patogeniczności były: *T. viride*, *T. aureoviride*, *T. pseudokoningii* i *T. hamatum*. Trzy szczepy należące do gatunku *T. harzianum* były znacznie bardziej wirulentne, a jeden z nich – Th2 był wyjątkowo patogeniczny. Jego obecność stwierdzono w większości naturalnych infekcji. Szczep ten słabo zarodnikował w kulturze in vitro, wymagał do zarodnikowania znacznie więcej światła niż pozostałe gatunki. W ciemności wytwarzał obfitą grzybnię powietrzną, a w temperaturze 27°C rósł z szybkością ponad 1 mm na godzinę.

Choć szczep *Trichoderma* Th2 okazał się najpospolitszym gatunkiem w porażonym podłożu, był on najrzadziej spotykany w materiałach używanych do produkcji podłoża. Spośród kilkuset zbadanych prób wody z basenów, słomy oraz pomiotu kurzego używanych do przygotowania podłoża, tylko trzy zawierały zarodniki szczepu Th2. Próby te pochodziły z zakładów, gdzie produkcja grzybów była prowadzona w bezpośrednim sąsiedztwie płyty fermentacyjnej. Szczep Th2 *Trichoderma* okazał się zdaniem cytowanego autora niezwykły, gdyż zaadaptował się do rozwoju w podłożu z wysianą grzybnią pieczarki [47].

Inne badania dotyczyły wzrostu grzybni różnych szczepów grzybów z rodzaju *Trichoderma* w zależności od temperatury. Badania wykazały, że jedynie *Trichoder-*

ma harzianum rośnie dobrze i zarodnikuje w temperaturze 35°C, podczas gdy *Trichoderma atroviride* wykazuje w tej temperaturze wolniejszy wzrost. *Trichoderma aggressivum* (Th4) i *Trichoderma aggressivum* f. *europeanum* (Th2) nie różnią się morfologicznie, mają natomiast nieznacznie różną szybkość wzrostu w temperaturze 25°C i statystycznie istotne różnice mikromorfologiczne [45].

Także w uprawie boczniaka największe straty powodują grzyby z rodzaju *Trichoderma*, których rozwój jest bardzo ekspansywny. Podstawowe znaczenie dla rozwoju grzybów z rodzaju *Trichoderma* ma temperatura pasteryzacji podłoża przeznaczonego do uprawy boczniaka. Jeżeli przekroczy ona 60°C, wtedy pojawia się duże prawdopodobieństwo rozwoju zielonych pleśni. Patogen, który może być mylony z grzybami z rodzaju *Trichoderma* to *Gliocladium*. Grzyb ten rozwija się nieco wolniej, a porażone miejsca podłoża są ciemniejsze [1, 55]. Z podłoża do uprawy boczniaka wyodrębniono 110 izolatów *Trichoderma* spp. Spośród nich 72 izolaty zostały zidentyfikowane jako *Trichoderma* sp., 15 izolatów jako *T. viride*, a pozostałe jako *T. koningii* i *T. harzianum*.

Badania dotyczące *Trichoderma* i możliwości jej zwalczania w uprawie grzybów są obecnie prowadzone w bardzo wielu ośrodkach naukowych na świecie. Wielu autorów bada zagadnienia biologii, rozwoju, identyfikacji, podziału oraz fizjologii *Trichoderma* w uprawie grzybów na poziomie biologicznym, fitopatologicznym i molekularnym, często z wykorzystaniem najnowszych technik analitycznych i komputerowych [8, 12, 20, 27, 28, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47].

Możliwości zwalczania grzybów z rodzaju *Trichoderma* w uprawie grzybów jadalnych

Problem *Trichoderma* w produkcji pieczarek w Europie Zachodniej pojawił się na początku lat osiemdziesiątych i zdaniem wielu autorów nie miał on w tym czasie większego znaczenia [22, 25, 26, 45, 50]. W Polce zagrożenie infekcjami *Trichoderma* stwierdzono później. Dotychczas nie opracowano skutecznej metody zwalczania *Trichoderma* ssp. w uprawie grzybów, a stosowane środki chemiczne wykazują bardzo niską efektywność działania [38].

Prowadzone były badania dotyczące możliwości ograniczenia rozwoju zielonych pleśni w uprawie pieczarki. Badając skuteczność szeregu fungicydów wykazano, że procholazy były najbardziej efektywnym środkiem grzybobójczym w stosunku do zielonych pleśni, jednak zastosowane w zbyt wysokich stężeniach wykazały szkodliwy wpływ na grzybnię i owocniki pieczarki. Rozwój zielonych pleśni hamował także benomyl i probineb [49].

Badania dotyczące zwalczania zielonych pleśni wykazały, że stosowanie środków chemicznych dawało efekty tylko wtedy, gdy było połączone z zabiegami o charakterze profilaktycznym. Zastosowanie środków chemicznych na okrywę

ograniczało istotnie wzrost białej zgnilizny, suchej zgnilizny i daktylium, nie miało jednak wpływu na rozwój agresywnych szczepów z rodzaju *Trichoderma*, gdyż rozwijają się one poza zasięgiem zastosowanego preparatu. Dlatego też bardzo istotne jest stosowanie w uprawie pieczarek szeroko rozumianych zabiegów profilaktycznych, jak np. używanie dezynfektantów po zakończonym cyklu uprawowym. Najlepszym dezynfektantem okazał się dwutlenek chloru, zarejestrowany w Polsce jako Anthium dioxcide. Zabija on nie tylko znane patogeny pieczarki, lecz i agresywne szczepy *Trichoderma harzianum*. Preparat ten nie powoduje korozji konstrukcji metalowych, działa w szerokim zakresie pH i w przeciwieństwie do podchlorynów nie wytwarza ubocznych szkodliwych produktów chlorowych. Ponadto Anthium dioxcide może być użyty do dezynfekcji powierzchni mających kontakt z żywnością (pojemniki do zbioru, maszyny, urządzenia, linie załadowcze itp.), jak również zastosowany do odkażania kanałów wentylacyjnych i urządzeń nawiewnych [14, 35, 36, 37, 38].

Szczególnie duże straty w uprawie grzybów są powodowane przez *Trichoderma harzianum* szczepy Th2 i Th4. Szczepy te atakują tak grzybnię, jak i owocniki, powodując znaczące straty w uprawie. Grzyby uprawne rosną na podłożu, w skład którego wchodzą m.in. składniki odżywcze, które zapewniają wzrost grzybni. Przeprowadzone badania wykazały, że *T. harzianum* nie pojawia się w podłożu, dopóki nie będzie ono zaszczepione grzybnią [6, 7]. Jednak, gdy do podłoża zostaną dodane antybiotyki, które zabiją w nim bakterie, zielona pleśń opanuje szybko podłoże. Dowodzi to, że bakterie obecne w podłożu wywierają wpływ na szybkość rozwoju grzybów z rodzaju *Trichoderma*. Wyniki uzyskane przez Boyle'a świadczą, że kultury bakterii lub ich metabolity mogą być użyte do kontroli rozwoju zielonych pleśni w uprawie grzybów. Przetestowano to jednak tylko w skali laboratoryjnej i uzyskano obiecujące wyniki. Zaszczepione grzybnią podłoże, do którego wcześniej dodano określone kultury bakterii, wykazywało odporność na agresywne szczepy *T. harzianum* (Th4) nawet wówczas, gdy do podłoża została wprowadzona duża ilość patogenów.

Na rozwój grzybów z rodzaju *Trichoderma*, obok bakterii, wpływ wywierają także roztocza [51]. Roztocz pieprzowy *Siteroptes mesembrinae* Canestrini ma specjalistyczne struktury umożliwiające przenoszenie zarodników grzybów z rodzaju *Trichoderma* i prawdopodobnie innych pleśni do środowiska sprzyjającego ich kiełkowaniu. Roztocz pieprzowy jest pospolitym szkodnikiem w uprawie pieczarki, poraża owocniki i powoduje reakcje uczuleniowe u pracowników prowadzących zbiór. Pojawienie się tego roztocza jest traktowane jako wskaźnik złego przygotowania podłoża [52]. Roztocz ten nie odżywia się grzybnią pieczarki, lecz różnych pleśni, szczególnie *Trichoderma* [22].

Badano mykopasożyty i saprofity wyizolowane z reprezentatywnej grupy *Trichoderma harzianum*. Analizowano mechanizm działania agresywnych form *Trichoderma* i ich wpływ na *Agaricus bisporus*. *Trichoderma harzianum* mnożyła się i rosła

w podłożu zarówno w obecności, jak i przy braku grzybni *Agaricus bisporus*. Stwierdzono, że izolaty form agresywnych *Trichoderma aggressivum* f. *europeanum* (Th2) w Europie i *Trichoderma aggressivum* North American (Th4) produkowały intensywnie biomasę. Wszystkie badane szczepy *Trichoderma* agresywne i nieagresywne wydzielały depolimerazy, które wykorzystywane były do zwalczania grzybni pieczarki i rozkładu ziarna pszenicy. Depolimerazy odgrywają zasadniczą rolę we wzroście saprofitów i pasożytów [3, 9, 19,, 34 39]. Podczas rozwoju komórek w warunkach in vitro, szybką produkcję chymoelastazy i trypsin-proteazy wykazywały tylko izolaty *Trichooderma* Th2 i Th4. Izolaty te produkowały także proteazy i dodatkowo chitynazy. W podłożu z pszenicy szczep Th4 produkował celulazy i laminarinazy [53].

Na podstawie przebadania 29 izolatów *Agaricus bisporus*, 29 izolatów *Lentinula edodes* (Berg.) Sing. i 18 *Pleurotus* sp. określono ich odporność na *Trichoderma aggressivum*. Stwierdzono, że metodą ochrony uprawy grzybów uprawnych może być wzmocnienie ich odporności na *Trichoderma aggressivum* przez wprowadzenie do podłoża metabolitów uzyskanych z *Trichoderma harzianum* [46].

Diagnostyka molekularna patotypów grzyba *Trichoderma*

Rozwój metod badawczych stworzył nowe możliwości identyfikowania i charakteryzowania na poziomie DNA różnych organizmów, w tym także grzybów. Użycie markerów molekularnych jest znacznie bardziej precyzyjne niż metod opartych wyłącznie na klasycznej mykologii czy fitopatologii.

Trudność w wykorzystaniu do identyfikacji gatunków cech morfologicznych zależnych od ekspresji genów wynika z tego, że może występować istotna zmienność między izolatami tego samego gatunku w zależności od warunków środowiska i stadium rozwojowego patogena. W przypadku grzybów dodatkowy problem polega na tym, że u wielu gatunków nie obserwuje się rozmnażania generatywnego lub jest ono trudne do uzyskania w warunkach laboratoryjnych, co znacznie zawęża dostępny zestaw cech morfologicznych. Analiza markerów molekularnych jest niezależna od warunków środowiskowych, składu pożywki i stadium rozwojowego badanego organizmu, co stanowi o ich przewadze nad porównaniem cech morfologicznych. Wybór odpowiedniej techniki w badaniach grzybów zależy od celu zastosowania generowanych markerów oraz możliwości technicznych.

Spośród obecnie znanych systemów markerowych, większość jest oparta na łańcuchowej reakcji polimerazy (ang. polymerase chain reaction – PCR). Geny rybosomalnego DNA są powszechnie stosowane w molekularnej taksonomii grzybów [18]. Z uwagi na konserwatywność sekwencji rDNA można je wykorzystać do identyfikacji na poziomie rzędów. Do badań filogenetycznych na poziomie gatunku używane są wewnętrzne transkrybowane sekwencje rozdzielające (ITS), ponieważ zwykle są różne dla gatunków w obrębie rodzaju. Wielokrotnie wykazano, że

sekwencje ITS-1 i ITS-2 pomiędzy genami kodującymi 18S, 5.8S i 28S rRNA są wystarczająco zróżnicowane do rozwiązywania problemów z identyfikacją gatunków [15, 16] również w obrębie rodzaju *Trichoderma* [20, 27, 29, 30, 32, 33]. Losowo amplifikowany polimorficzny DNA stanowi odpowiednie narzędzie do wykrywania zmienności zarówno wewnątrzgatunkowej, jak i międzygatunkowej [2, 12, 15, 54]. Wyniki analizy RAPD uzyskane dla *Trichoderma* wskazały potrzebę reklasyfikacji w obrębie tego rodzaju [32]. Zastosowanie analizy RAPD do określenia zakresu zmienności w obrębie gatunku *Trichoderma harzianum*, pozwoliło na wyodrębnienie 3 grup izolatów różniących się agresywnością [40].

Podsumowanie

Jedną z najgroźniejszych przyczyn znacznej obniżki plonu w towarowej uprawie pieczarki i boczniaka są infekcje zielonymi pleśniami *Trichoderma*. Największe problemy w uprawie wyżej wymienionych grzybów już od początku inkubacji spowodowane są przez agresywne odmiany *Tichoderma harzianum* szczepy Th4 i Th2. Prowadzone są badania mające na celu dokładne zidentyfikowanie szczepów grzybów infekcyjnych oraz poznanie podziału i fizjologii zielonych pleśni *Trichoderma* w uprawie grzybów na poziomie biologicznym, fitopatologicznym i molekularnym. Opracowanie metody ograniczania rozwoju lub skutecznego zwalczania zielonych pleśni przyczyni się istotnie do rozwoju produkcji grzybów w naszym kraju.

Literatura

[1] Agosin E., Aguilera J.M. 1998. Industrial production of active propagules of *Trichoderma* for agricultural uses. W : Harman G.E., Kubicek C.P. (red.). *Trichoderma* and *Gliocladium* Vol. 2. Enzymes, biological control commercial applications. Taylor and Francis, London: 205–227.

[2] Abbasi P.A., Miller S.A., Meulia T., Hoitink H.A.J., Kim J.M. 1999. Precise detection and tracing of *Trichoderma hamatum* 382 in compost-amended potting mixes by using molecular markers. *App. Environ. Microbiol.* 65(12): 5421–5426.

[3] Bartnicki-Garcia S. 1968. Cell wall chemistry, morphogenesis and taxonomy of fungi. *Annu. Rev. Microbiol.* 22: 87–108.

[4] Benhamou N., Chet I. 1993. Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*: ultrastructure and gold cytochemistry of the mycoparasitic process. *Phytopathology* 83: 1062–1071.

[5] Beyer D.M., Wuest P.J., Anderson M.G. 1997. Green mould of mushrooms. http://mushgrowinfo.cas.psu.edu/Trichoderma.

[6] Boyle D. 1998. Testing essential oils and other chemicals for use against green mould. *Mushroom World* 9: 51–57.

[7] Boyle D. 1999. Why mushrooms are not wiped out by green mould. *Mushroom World* 10(4): 5–10.

[8] Brian W.P. 1951. Gliotoxin, a fungistatic metabolic product of *Trichoderma viride*. *Bot. Rew.* 17: 357.

[9] Carsolio C., Benhamou N., Haran S., Cortes C., Gutierrez A., Chet I., Herrera-Estrella A. 1999. Role of the *Trichoderma harzianum* andochitinase gene ech42, in mycoparasitism. *Appl. Environ. Microbiol*. 65: 929–935.

[10] Castle A., Speranzini D., Rghei N., Alm G., Rinker D., Bissett J. 1998. Morphological and molecular identification of *Trichoderma* isolates on North American mushroom farms. *App. Environ. Microbiol*. 64(1): 133–137.

[11] Chen X. 1998. *Trichoderma* green mould disease on *Agaricus bisporus*: Evidence for the introduction of a new genotype of the pathogen. Ph.D. Thesis, Department of Plant Pathology, The Pennsylvania State University.

[12] Chen X., Romaine C.P., Tan Q., Schlagnhaufer B., Ospina-Giraldo M.D., Royse D.J., Huff D.R. 1999. PCR-based genotyping of epidemic and preepidemic *Trichoderma* isolates associated with green mould of *Agaricus bisporus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 2674–2678.

[13] Chet I., Inbar J. 1994. Biological control of fungal pathogens. *Appl. Biochem. Biotechnol*. 48: 37–43.

[14] Clift A.D., Terras M.A. 1995. Mites as indicators of compost conditioning. *Mushroom Science* XIV:

[15] Cooke D.E.L., Duncan J.M. 1997. Phylogenetic analysis of *Phytophthora* species based on ITS1 and ITS2 sequences of the ribosomal RNA gene repeat. *Mycol. Res.* 101(6): 667–677.

[16] Cooke D.E.L., Drenth A., Duncan J.M., Wagels G., Brasier C.M. 2000. A molecular phylogeny of *Phytophthora* and related *Oomycetes*. *Fungal Genetics and Biology* 30: 17–32.

[17] Cooke R.C, Rayner A.D.M. 1984. Ecology of saprotrophic fungi. Longman, New York, N.Y.

[18] Crawford A.R., Bassam B.J., Drenth A., Maclean D.J., Irwin J.A.G. 1996. Evolutionary relationships among *Phytophthora* species deduced from rDNA sequence analysis. *Mycol. Res*. 100(4): 437–443.

[19] De Ceuster H., Pauwels F. 1995. Soil disinfestation in the Belgian horticulture. A practise view. *Acta Hotr*. 382: 37–50.

[20] Dodd S.L., Crowhurst R.N., Rodrigo A.G., Samuels G.J., Hill R.A., Stewart A. 2000. Examination of *Trichoderma* phylogenies derived from ribosomal DNA sequence data. *Mycol. Res*. 104: 23–34.

[21] Elad Y., Barak R., Chet I., Henis Y. 1983. Ultrastructural studies of the interaction between *Trichoderma* spp. and plant pathogenic fungi. *Phytopathol. Z*. 107: 168–175.

[22] Fletcher J.T. 1986. Mushrooms pest and disease control. Fletcher J.T., White P.F., Gaze R.H. (red.) Intercept Press: 94–95.

[23] Fletcher J.T. 1994. Preliminary investigations of the pathogen and weed mould problems of mushrooms in Australia. Report of project Mu/303 Horticultural Research and Development Corporation, Gordon, NSW, 2072.

[24] Fletcher J.T., White P.F., Gaze R.H. 1989. Mushrooms: Pest and disease control. Second edition. Intercept Limited: Andover, England: 174 ss.

[25] Gandy D.G. 1985. The biology and technology of the cultivated mushroom. Fleeg P.B., Spencer D.M., Wood D.A. (red.), John Wiley and Sons Ltd. Press: 270, 275.

[26] Hayes W.A. 1978. The biology and cultivation of edible mushrooms. Chang S.T., Hayes W.A. (red.) Academic Press.

[27] Hermosa M.R., Grondona I., Iturriaga E.A., Diaz-Minguez J.M., Castro C., Monte E., Garcia-Acha I. 2000. Molecular characterization and identification of biocontrol isolates of *Trichoderma*. *Appl. Environ. Microbiol*. 66: 1890–1898.

[28] Hjeljord L., Tronsmo A. 1998. *Trichoderma* and *Gliocladium* in biological control: an overview. W: *Trichoderma* and *Gliocladium* Vol.2. Enzymes, biological control commercial applications. Taylor and Francis, London: 131–151.

[29] Kuhls K., Lieckfeldt E., Samuels G.J., Meyer W., Kubicek C.P., Börner T. 1997. Revision of *Trichoderma* sect, *Longibrachiatum* including related teleomorphs based on analysis of ribosomal DNA internal transcribed spacer sequences. *Mycologia* 89: 442–460.

[30] Kullnig C., Szakacs G., Kubicek C.P. 2000. Molecular identification of *Trichoderma* species from Russia, Siberia and the Himalaya. *Mycol. Res.* 104: 1117–1125.

[31] Lieckfeldt E., Kullnig C., Kubicek C.P., Samuels G.J., Börner T. 2001. *Trichoderma aureoviride* phylogenetic position and characterization. *Mycol. Res.* 105: 313–322.

[32] Lieckfeldt E., Meyer W., Kuhls K., Börner T. 1992. Characterization of filamentous fungi and yeasts by DNA fingerprinting and random amplified polymorphic DNA. *Belg. J. Bot.* 125: 226–233.

[33] Lieckfeldt E., Samuels G.J., Nirenberg H.I., Petrini O. 1999. A morphological and molecular perspective of *Trichoderma viridae*: Is it one or two species? *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 2418–2428.

[34] Masaphy S., Levanon D., Tchelet R., Henis Y. 1987. Scanning electron microscopy studies of interactions between *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. hyphae and bacteria in casing. *Appl. Environ. Microbiol*. 53: 1132–1137.

[35] Maszkiewicz J. 2004. Komentarz do terminarza ochrony pieczarki na lata 2004–2005. *Biuletyn Pieczarki* 2: 22.

[36] Maszkiewicz J. 2004. Role monitoringu w zwalczaniu zielonej pleśni *Trichoderma*. *Biuletyn Pieczarki* 2: 28–30.

[37] Maszkiewicz J. 2004. Środki chemiczne pomocne w zwalczaniu zielonej pleśni *Trichoderma*. *Biuletyn Pieczarki* 2: 25–28.

[38] Maszkiewicz J., Szudyga K. 1998. Czy grzyby z rodzaju *Trichoderma* mogą być groźne? *Biuletyn Pieczarki* 2: 29–32.

[39] Michalenko G.O., Hohl H., Rast D. 1976. Chemistry and architecture of the mycelial wall of *Agaricus bisporus*. *J. G. Microbiol*. 92: 251–262.

[40] Muthumeenakshi S., Mills P.R., Brown A.E., Seaby D.A. 1994. Intraspecific molecular variation among *Trichoderma harzianum* isolates colonizing mushroom compost in the British Isles. *Microbiology-UK* 140: 769–777.

[41] Muthumeenakshi S., Brown A.E., Mills P.R. 1998. Genetic comparison of the aggressive weed mould strains of *Trichoderma harzianum* from mushroom compost in North America and the British Isles. *Mycol. Res*. 102: 385–390.

[42] Ospina-Giraldo M.D., Royse D.M., Thon J.R., Chen X., Romaine C.P. 1998. Phylogenetic relationships of *Trichoderma harzianum* causing mushroom green mould in Europe and North America to other species of *Trichoderma* from world-wide sources. *Mycologia* 90: 76–81.

[43] Ospina-Giraldo M.D., Royse D.M., Chen X., Romaine C.P. 1999. Molecular phylogenetic analyses of biological control strains of *Trichoderma harzianum* and other biotypes of *Trichoderma* spp. with mushroom green mould. *Phytopathology* 89: 308–313.

[44] Romaine C.P., Chen X., Ospina-Giraldo M.D., Royse D.J. 1999. Phylogenetic analysis of *Trichoderma* spp. associated with green mould on *Agaricus bisporus* using a sequence in beta-tubulin gene 1. W: Mushroom biology and mushroom products, Broderick A. (red.), Proceedings of the 3rd International Conference. Sydney, Australia: 116–124.

[45] Samuels G.J., Dodd S.L., Gams W., Castlebury L.A., Petrini O. 2002. *Trichoderma* species associated with the green mould epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*. *Mycologia* 94(1): 146–170.

[46] Savoie J-M., Mata G. 2003. *Trichoderma harzianum* metabolites pre-adapt mushrooms to *Trichoderma aggressivum* antagonism. *Mycologia* 95(2): 191–199.

[47] Seaby D.A. 1987. Infection of mushroom compost by *Trichoderma* species. *The Mushroom Journal* 179: 355–361.

[48] Seaby D.A. 1996. Differentiation of *Trichoderma* taxa associated with mushroom production. *Plant Pathology* 45: 905–912.

[49] Seung-Hun Yu 2002. Integrated control of oyster mushroom green mould. Mush-World.Com. (www.mushworld.com/diesease/view).

[50] Sharma H.S.S., Kilpatrick M., Ward F., Lyynos G., Burns L..1999. Colonization of phase II compost by biotypes of *Trichoderma harzianum* and their effect on mushroom yield and quality. *Appl. Microbiol. Biotech*. 51: 572–578.

[51] Terras M.A., Hales D.F. 1995. Red pepper mites are vectors of *Trichoderma*. Science and cultivation of edible fungi, Elliot (red.), Balkema, Rotterdam: 485–490.

[52] White P.F. 1985. Pests and pesticides. in The biology and technology of the cultivated mushroom. Fleeg PB., Spencer D.M., Wood D.A. (red.) John Wiley and Sons, Chichester, UK: 279–295.

[53] Williams J., Clarkson J.M., Mils P.R., Cooper R.M. 2003. Saprotrophic and mycoparasitic components of aggressiveness of *Trichoderma harzianum* groups toward the commercial mushroom *Agaricus bisporus*. *Applied and Environmental Microbiology* 69(7): 4192–4199.

[54] Williams J.G.K., Kubelik A.R., Livak K.J., Rafalski J.A., Tigney S.V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18: 6531–6535.

[55] Ziombra M. 1995. Czynniki warunkujące wzrost grzybni i plonowanie boczniaka. Konferencja Ogólnopolska „Nowości w uprawie grzybów" AR Poznań: 67–74.

Fungi of *Trichoderma* genus in mushroom cultivation

Key words: *Trichoderma*, green mould, *Agaricus*, *Pleurotus*, cultivation

Summary

Fungi from *Trichoderma* genus cause considerable losses in edible mushroom cultivation. One of the most pathogenic species is *Trichoderma harzianum*, especially 'Th2' and 'Th4' isolates. The infection of green mould decreases yields in *Agaricus* and *Pleurotus* production. At present there are no effective methods of mushroom protection against fungi from *Trichoderma* genus. Many studies on green mould in mushroom cultivation are being conducted in the world. The aim of research is to find effective agents to control green mould in button mushroom and oyster mushroom cultivation.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 75–83

Sucha zgnilizna pieczarki wywoływana przez *Verticillium fungicola* (Preuss) Hasselbrauk

Justyna Damięcka
Instytut Warzywnictwa im. Emila Chroboczka w Skierniewicach
Pracownia Grzybów Uprawnych
ul. Rybickiego 15/17, 96-100 Skierniewice
e-mail: jus@inwarz.skierniewice.pl

Słowa kluczowe: *Verticillium fungicola*, *Agaricus bisporus*, *Agaricus bitorquis*, prochloraz-Mn

Wstęp

Sucha zgnilizna (ang. dry bubble, nm. Trockenfäule, fr. la môle séche) pojawia się wszędzie, gdzie uprawiana jest pieczarka. O występowaniu choroby na świecie donosi wielu autorów [3, 9, 51], a w Europie opis suchej zgnilizny można znaleźć w licznych publikacjach [27, 35, 60]. Gatunek *Verticillium fungicola* występuje powszechnie w przyrodzie. Izolowano go z wielu wielkoowocnikowych gatunków podstawczaków oraz z rozkładających się liści [6]. Sucha zgnilizna poraża dwa uprawiane powszechnie gatunki pieczarki: dwuzarodnikową *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. i rzadziej uprawianą czterozarodnikową czyli szlachetną – *Agaricus bitorquis* (Quél.) Sacc. [27]. Chorobie ulega też boczniak [37]. Sprawca choroby, grzyb *Verticillium fungicola*, należy do grzybów niedoskonałych (*Fungi imperfecti*). Po raz pierwszy został opisany w końcu XIX wieku jako „*Verticillium* o małych zarodnikach" [11]. W roku 1933 Ware [57] nazwał ten grzyb *Verticillum malthousei*. W roku 1936 patogena zaliczono do gatunku *Verticillium fungicola* [33], niemniej w literaturze istniał jeszcze długo jako *V. malthousei*. W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku badacze holenderscy Gams i Zaayen [21] podzielili go na dwie odmiany: *Vetricillium fungicola* var. *fungicola* (*Vff*) i *Verticillium fungicola* var. *aleophilum* (*Vfa*). Różnice między tymi odmianami mają przede wszystkim charakter fizjologiczny, różnice morfologiczne zaś – chociaż istnieją – są trudne do uchwycenia. W Europie występuje przede wszystkim odmiana *Vff*, w Ameryce Północnej zaś – *Vfa* [10]. Istnieją też doniesienia o patogenicznym dla pieczarki, zarówno dwu-, jak i przede wszystkim czterozarodnikowej, gatunku *Verticillium psalliotae* Treschow [9, 24, 51].

Znaczenie gospodarcze

Sinden [73] stwierdził, że straty powodowane przez *V. fungicola* oraz koszty ochrony upraw przed tym patogenem przewyższają nakłady związane z występowaniem i zwalczaniem jakiejkolwiek innej choroby lub szkodnika pieczarki, wyjąwszy wirusową chorobę La France. Russel [50] doniósł że zaniechanie zwalczania grzyba patogenicznego prowadzi do strat plonu rzędu 10–20%, a nierzadko więcej. W Holandii sucha zgnilizna, nieznana do roku 1938, w roku 2001 spowodowała straty oszacowane na 0,5% wartości całej produkcji grzybów w tym kraju [46]. Według Bhatta i Singha [4] patogen ten obniża plon o 25%. Zdarza się, że sucha zgnilizna atakuje uprawę tak silnie, że trzeba ją przerwać po pierwszym rzucie. Niekiedy objawy, niewidoczne jeszcze w czasie zbioru, pojawiają się na owocnikach dopiero w obrocie, co przynosi znaczące szkody w handlu. Groźbę pojawienia się choroby wzmaga jej łatwe przenoszenie się za pośrednictwem wielu czynników [20], a także świadomość, że szczupłość rynku pieczarkarskiego nie stanowi bodźca do syntezy nowego fungicydu, przeznaczonego wyłącznie na ten rynek.

Objawy

Wyrazistość objawów zależą od terminu porażenia i stężenia inokulum. Im wcześniej nastąpi zakażenie, tym objawy są silniejsze [23, 52], a plon niższy [45]. Stwierdzono [42], że w obecności 10^3 zarodników przypadających na 1 m^2 nie zawsze uzyskuje się objawy choroby. Natomiast przy stężeniu inokulum wynoszącym 10^8 zarodników na 1 m^2 dochodzi do całkowitej utraty plonu [36]. Aby skutecznie zakazić uprawę należy wprowadzić do niej nie mniej niż milion zarodników (10^6) grzyba *V. fungicola* na 1 m^2 powierzchni okrywy, najlepiej bezpośrednio po jej nałożeniu. Objawy choroby widoczne są po czternastu dniach od chwili wprowadzenia inokulum [14]. W wypadku krzyżówek pieczarek, wymagających do rozwoju nieco wyższej temperatury i wilgotności, okres ten może wynieść 7–10 dni [3]. Opisu zmian chorobowych dokonano niezależnie od tego, czy zostały one wywołane przez *Vff*, czy przez *Vfa*. W przeszłości bowiem przedstawiano je identycznie w literaturze europejskiej i amerykańskiej, mimo że były wywoływane przez różne odmiany patogena.

Klasyczny opis objawów suchej zgnilizny podał Ware [57], a później inni autorzy [56, 60]. Według cytowanych autorów można mówić o czterech typach objawów:

1. W uprawie pojawiają się amorficzne masy powstałe z tkanki pieczarki. Są one różnej wielkość i szybko zwiększają swój zasięg. W ich obrębie obserwuje się często owocniki słabo podzielone na trzon i kapelusz („cebulowatość" owocników). Ich trzony stają się rozdęte, a kapelusze szczątkowe. Porażone masy tkanki pokrywa szary nalot grzybni i zarodników pasożyta. Tego rodzaju deformacje opisali w Polsce Maszkiewicz [38] oraz Damięcka i Maszkiewicz [13].

2. Przy porażeniu trzonu rozwijającego się owocnika lub częściowo wykształconego owocnika następuje pochylenie się trzonu na stronę porażoną, która rośnie wolniej. Tymczasem w wyniku niezakłóconego wzrostu tkanek po stronie przeciwnej powstają naprężenia wywołujące odrywanie i łuszczenie się tkanek zewnętrznych. Łuszczenie zachodzi równolegle do osi owocnika. Dobre zdjęcie tego typu objawów przedstawił Vedder [56].
3. W wyniku porażenia na kapeluszu pojawiają się brązowe plamy, które często zlewają się [60]. Podobne lub zbliżone kolorem plamy są wynikiem oddziaływania na owocnik bakterii z rodzaju *Pseudomonas* [20]. O ile jednak plamy wywoływane przez bakterie są błyszczące i powierzchniowe, o tyle plamy powstałe wskutek porażenia przez grzyb pasożytniczy są nieco wgłębione, matowe, sięgające kilka milimetrów w głąb miąższu owocnika. Pokrywa je szarawy nalot zarodnikującego patogena [21, 56].
4. Przy niewielkiej liczebności zarodników patogena na owocnikach pieczarki pojawiają się drobne plamki wielkości główki szpilki [3]. Owocniki porażone przez suchą zgniliznę nie gniją, lecz przez jakiś czas pozostają w postaci mumii.

Charakterystyka patogena

Na pożywkach grzyb *Verticillium fungicola* tworzy kolonie białe do kremowych, od spodu białe lub jasnożółte. Konidiofory bardzo liczne, wyprostowane, mają po 2–3, a w kulturach starszych 3–9 fialid o wielkości 13–25(35) × 2–2,5 μm. Konidia w kleistych, sferycznych główkach, elipsoidalne do cylindrycznych, czasami zakrzywione [3, 6]. Gams i Zaayen [21] opisali różnice między odmianami patogena. Niżej podano niektóre wskaźniki odnoszące się do *Vff* i *Vfa*. Po 10 dniach wzrostu na pożywce brzeczkowej kolonie tych odmian osiągają wielkość 2–3 cm dla *Vff* i 2,5–3 cm dla *Vfa*. Strzępki wegetatywne *Vff* mają grubość 0,7–2,5 μm, a *Vfa* – 1–3 μm. Optymalna temperatura wzrostu mieści się w granicach 20–24°C dla *Vff* i 24–27°C dla *Vfa*. Temperatura letalna dla konidiów wynosi 38–39°C dla dla *Vff* i 42°C dla *Vfa*. Obie odmiany nie wytwarzają przetrwalników. Carmen i in. [8] prowadzili 6 izolatów *Vff* i 3 izolaty *Vfa* w temperaturach 23 i 30°C. O ile w 23°C obserwowano zbliżone tempo wzrostu izolatów obu odmian, o tyle w 30°C nie dostrzeżono wzrostu *Vff*, a zdolność do wzrostu w tej temperaturze zachowały jedynie izolaty *Vfa*. Oprócz różnicującego oddziaływania temperatury do identyfikacji odmian wykorzystano techniki molekularne (RLFP, PCR). Stosując je można zidentyfikować odmianę w ciągu 3 godzin [8, 10, 49].

Patogena można izolować na pożywkę ziemniaczaną lub słodową z dodatkiem np. streptomycyny jako bakteriostatyku [4]. Rinker [48] opracował selektywną pożywkę do izolacji *V. fungicola* z okrywy, z owocników pieczarek, resztek poprodukcyjnych, muchówek, ścian, narzędzi. Fekete [18] stwierdziła, że zarodniki patogena umieszczone w wilgotnej glebie lub torfie zachowują żywotność co najmniej przez rok,

a przetrzymywane w stanie suchym pozostają żywe do 7 miesięcy. Bech i in. [1] wykazali, że zarodniki *V. fungicola* wytrzymują w stanie suchym temperaturę 125°C przez 10 minut. Cross i Jacobs podali, że do kiełkowania zarodników potrzebne są substancje odżywcze pochodzące z zewnątrz [12]. Z kolei Thalpa i Jandaik [55] uzyskali 89% skiełkowanych zarodników na ekstrakcie z owocników pieczarki, niezależnie od tego, czy pochodził on z zawiązków, czy z dojrzałych owocników. Również roztwór sacharozy w stężeniu 5000 ppm stymulował zarówno kiełkowanie zarodników jak i długość strzępek kiełkowych. Cytowani autorzy ustalili, że omawiany proces przebiega najlepiej przy pH mieszczącym się w granicach 5,0–5,5. Obniżenie temperatury z 20 do 14°C, a wilgotności z 90 do 80% ograniczyło rozwój choroby [43].

Z doświadczeń Fekete [18] wynika, że zarodniki *Verticillium fungicola* kiełkują najlepiej, gdy ich stężenie wynosi 7×10^2–7×10^3 w jednym mililitrze. Relacje między *Verticillium fungicola* i *Agaricus bisporus* były badane w mikroskopie świetlnym i elektronowym. Matthews [40] doniósł, że gdy strzępki pasożyta weszły w kontakt z grzybnią podatnej na porażenie odmiany pieczarki, komórki *Agaricus bisporus* zapadały się. Żaden z wymienionych badaczy nie znalazł dowodów na wytwarzanie przez *Verticillium fungicola* struktur penetracyjnych. Podobne wyniki uzyskali North i Wuest [45]. Jednakże później Dragt i in. [17] wykazali, że pasożytnictwo *Verticillium fungicola* polega na wnikaniu strzępek patogena do komórek gospodarza. Calonje i in. [7] stwierdzili, że *Verticillium fungicola* wydziela in vitro enzymy hydrolityczne, które są w stanie strawić komórki wegetatywne *Agaricus bisporus*, co więcej, wystarczają mu one jako jedyne źródło azotu. Dragt i in. [16] porównując podatność dzikich szczepów pieczarki na *Verticillium fungicola* doszli do wniosku, że całkowita odporność na porażenie nie istnieje, można tylko mówić o odporności częściowej. Z pracy wynika, że częściowo odporny dziki izolat pieczarki, inokulowany zawiesiną zarodników patogena, zareagował nekrozą komórek zewnętrznych oraz pojawieniem się brązowych pigmentów, prawdopodobnie toksycznych melanin. Mills i in. [42] wykazali, że wydzielanie enzymów przez gatunki *Verticillium* może być skorelowane z patogenicznością. Badania w tym zakresie są dalej prowadzone.

Źródła porażenia i przenosiciele choroby

Źródłem porażenia uprawy może być okrywa, zawierająca zarodniki bądź grzybnię patogena [58]. Zarodniki i grzybnia mogą także znajdować się w kurzu [26] trafiającym do hali uprawowej z napływającym z zewnątrz powietrzem. Przekonujące doświadczenia w tym zakresie przeprowadziła Grogan [30]. Okazało się, że zebranie kurzu z posadzki hali, gdzie wystąpiła choroba i zainokulowanie nim punktowo uprawy spowodowało zakażenie tejże dokładnie w miejscach wniesienia inokulum. Natomiast samo powietrze nie porywa zarodników jeśli przepływa nad kolonią *Verticillium* choćby z szybkością 10,75 $m \cdot s^{-1}$ [12].

Niezwykłe ważną rolę w rozprzestrzenianiu się choroby odgrywają muchówki. W doświadczeniach Gandy [23] najefektywniejszymi przenosicielami okazały się muchówki z rodziny ziemiórkowatych (*Sciaridae*). Później wykazano [23], że i muchówki z rodziny zadrowatych (*Phoridae*) również mogą przenosić zarodniki suchej zgnilizny. Przenosicielami choroby są także roztocze [58]. Również człowiek uczestniczy w rozprzestrzenianiu się *Verticillium fungicola* w uprawie. Czynnościami sprzyjającymi rozsiewaniu się zarodników patogena jest podlewanie i zbiór owocników. Dotknięcie palcem porażonego owocnika i stukrotne przyłożenie go do pożywki sprawia, że i na setnej płytce z pożywką pojawiają się kolonie *Verticillium* [12]. Wykazano, że spuszczenie na porażony owocnik pieczarki 60 kropli wody z wysokości 1 m w czasie 1 minuty powoduje przemieszczenie się patogena na odległość przekraczającą 60 cm. Czynnik chorobotwórczy przemieszcza się także z pojemnikami używanymi w handlu [29].

Zwalczanie

Pierwszym i najważniejszym krokiem w ograniczeniu wystąpienia *Verticillium fungicola* jest zabezpieczenie uprawy przed wniknięciem patogena. Aby to osiągnąć okrywa musi być wolna od patogena, hale zaś szczelne i wyposażone w filtry [23, 29]. Trzeba też stosować zalecane w terminarzu ochrony fungicydy i insektycydy [39]. Do prac w komorach uprawowych należy używać czystej odzieży, dezynfekować korytarze komunikacyjne i narzędzia [29]. Wczesne wykrycie suchej zgnilizny utrudnia zarodnikom patogena rozpowszechnienie się. Dlatego należy codziennie przeglądać uprawy. Jeśli pojawią się objawy należy usunąć szybko porażone owocniki, a miejsce zakażone zasypać solą kuchenną [39].

Suchą zgniliznę można zwalczać środkami chemicznymi. Pierwszym takim środkiem był zineb [59] z grupy ditiokarbaminianów, wprowadzony do użycia w latach pięćdziesiątych, potem mancozeb. W latach siedemdziesiątych Gandy [22, 23] zaproponowała fungicydy zawierające karbendazym (Funaben, Bavistin) i benomyl (Benlate, Fundazol). Środki te działały, do czasu pojawienia się u *Verticillium fungicola* odporności na karbendazym i benomyl [5, 19]. Następnymi środkami przeciwko suchej zgniliźnie były preparaty zawierające chlorotalonil (Daconil, Termil, Bravo 500) [25], które zadowalająco zwalczały izolaty *Verticillium fungicola* odporne na karbendazym i benomyl [2].

Kolejnymi środkami do ochrony przed *Verticillium fungicola* stały się zaproponowane przez Zaayen [61] preparaty zawierające prochloraz. Został on wprowadzony do ochrony pieczarki we wczesnych latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku, jako Sporogon 50 WP zawierającegy kompleks prochlorazu z manganem. Prochloraz był bardziej efektywny w zwalczaniu *Verticillium fungicola* niż fungicydy zawierające karbendazym, benomyl, chlorotalonil i formaldehyd. Sporogon 50 WP jest powszechnie stosowany w ochronie pieczarki [41, 44, 47]. W doświadczeniach Russella

[50] kompleks prochloraz-Mn dobrze zwalczał *Verticillium fungicola* jeśli został zastosowany 7 dnia po nałożeniu okrywy w dawce 1,5 g substancji aktywnej na m^2. Prochloraz-Mn zwalczał patogena w 83%, natomiast chlorotalonil tylko w 1% [44].

W połowie lat dziewięćdziesiątych pojawiły się izolaty *Verticillium fungicola* odporne na prochloraz [15, 28]. Kilka lat później Keeling, Grogan i Gaze [34] oraz Grogan [31] zaobserwowali, że stężenie prochlorazu w okrywie maleje istotnie między 14 a 21 dniem po wniesieniu go do uprawy i znów między dniem 21 i 28, o ile środek ten został zastosowany ponownie [32]. W toku dalszych badań ustalono, że za zanik Sporgonu 50 WP w okrywie odpowiedzialne są drobnoustroje. Nie jest on bowiem ani wymywany, ani inaktywowany przez grzybnię pieczarki [47]. W Polsce istnienie odpornych izolatów *Verticillium fungicola* na prochloraz stwierdzili Damięcka i Maszkiewicz [14].

Dezynfekcja termiczna hali po zakończonym cyklu uprawowym całkowicie niszczy patogena, przerywając tym samym łańcuch zakażeń [29]. W praktyce stosuje się również dezynfekcję chemiczną, gdy obiekt nie jest wytrzymały na ogrzanie go do temperatury 75°C. Spis środków dezynfekcyjnych dopuszczonych do stosowania w uprawie pieczarki podaje Szymański [54].

Wnioski

Biologia *Verticillium fungicola* została poznana w stopniu pozwalającym na efektywne zwalczanie patogena. Istnienie szczepów grzyba chorobotwórczego o zróżnicowanej wrażliwości na fungicydy przemawia za celowością podjęcia prac nad wrażliwością izolatów występujących w konkretnym przypadku. Pozwoli to na dobranie najwłaściwszego środka zapewniającego najlepszy efekt terapeutyczny.

Podjęcie działalności w tym zakresie byłoby tym bardziej celowe, że w wielu zakładach pieczarkarskich występuje ten grzyb stale. A to przemawia za istnieniem wewnętrznego źródła zakażeń, co do którego byłoby łatwiej dopasować najskuteczniej działający fungicyd.

Podsumowanie

Sucha zgnilizna wywoływana przez pasożytniczy grzyb *Verticillium fungicola* (Preuss) Hasselbrauk jest najgroźniejszą chorobą pieczarki *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach pochodzenia grzybowego. Grzyb *Verticillium fungicola* w uprawie pieczarki znany jest od końca XIX wieku. W niniejszym przeglądzie przedstawiono dotychczasowy stan wiedzy na temat tego grzyba: znaczenie ekonomiczne suchej zgnilizny, jej objawy, źródła porażenia i przenoszenie oraz sposoby zapobiegania i zwalczanie.

Literatura

[1] Bech K., Jacobsen B.D., Kovacs G., Grabbe K., Hilber O. 1989. Investigations on the influence of temperature on growth and spore formation of *Mycogone perniciosa* and *Verticillium fungicola*, two pathogenic fungi of the cultivated mushroom. Mush. Sci. XII. Proc. 12th Int. Cong. Sci. and Cult. of Edible Fungi, Braunschweig, Germany: 739–751.

[2] Beyer D.M., Kremser J.J. 2004. Evaluation of fungicide tolerance and control for three fungal diseases of mushrooms. Sci. and Cult. of Edible and Medicinal Fungi. Romaine C.P, Keil C.B., Rinker D.L., Royse D.J. (red). Penn State: 421–429.

[3] Beyer D.M., Wuest P.J., Kremser J.J. 2005. *Verticillium* Dry Bubble Fact Sheet «http://mushgrowinfo.cas.psu.edu/Verticillium%20Dry%20Bubble.htm»

[4] Bhatt N., Singh R.P. 2003. Chemical control of mycoparasites of button mushroom. *J. Mycology Plant Pathol.* 32: 38–45.

[5] Bollen G.J., Zaayen A. van. 1975. Resistance to benzimidazole fungicides in pathogenic strains of *Verticillium fungicola*. *Neth. J. Pl. Path*. 81: 157–167.

[6] Brandy B.L.K., Gibson I.A.S. 1976. *Verticillium fungicola*. CMI/CAB Desc. Pathogenic Fungi and Bacteria. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England. Set 50, No. 498

[7] Calonje M., Mendoza G.C., Pérez Cabo A. and Novaes–Ledieu M. 2000. Interaction between the mycoparasite *Verticillium fungicola* and the vegetative mycelial phase of *Agaricus bisporus*. *Mycol. Res*.104: 988–992.

[8] Carmen S.J. del, Largeteau-Mamoun M.L., Rousseau T., Regnault-Roger C., Savoie J.M. 2002. Genetic and physiological variation in isolates of *Verticillium fungicola* causing dry bubble disease of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus*. Mycol. Res.106: 1163–1170.

[9] Chen C., Cai F., Chang Z. 1981. Two *Verticillium* species parasitic to *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. *Acta Phytopath. Sinica* 11: 43–47.

[10] Collopy P.D., Largeteau Mamoun M.L., Romaine C.P., Royse D.J. 2001. Molecular phylogenetic analyses of *Verticillium fungicola* and related species causing dry bubble disease of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus*. *Phytopath*. 91: 905–912.

[11] Constantin M.J., Dufour L. 1892. Recherches sur la môle, maladie du champignon de couche. *Rev. Gen. Bot*. 4: 401–406.

[12] Cross M.J., Jacobs L. 1969. Some observations on the biology of spores of *Verticillium maltousei*. *Mush. Sci*. 7: 239–243.

[13] Damięcka J., Maszkiewicz J. 2004. Sucha zgnilizna pieczarki (*Verticillium fungicola*). *Biul. Prod. Piecz*. 4: 32–36.

[14] Damięcka J., Maszkiewicz J. 2005. Różne oblicza suchej zgnilizny. *Biul. Prod. Piecz*. 4: 35–40.

[15] Desrumaux B., Sedeyn P., Werbrouck A., Lannoy P. 1998. Résistance de la môle sèche au Sporgon (*Verticillium fungicola* var. *fungicola*) *Bull. Fed. Nationale Syndicats Agricoles de Cult. Champ*. 77: 677–681.

[16] Dragt J.W., Geels F.P., Rutjens A.J., Griensven L.J.L.D. van. 1995. Resistance in wild type of *Agaricus bisporus* to the mycoparasite *Verticillium fungicola* var. *fungicola*. Proc. 14th Int. Cong. Sci. and Cult. of Edible Fungi, A.A. Balkema, Rotterdam. Oxford, 17–22 VIII 1995: 679–683

[17] Dragt J.W., Geels F.P., Bruijn W.C. de, Griensven L.J.L.D. van. 1996. Intracellular infection of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus* by the mycoparasite *Verticillium fungicola* var. *fungicola*. *Mycol. Res*. 100: 1082–1086.

[18] Fekete K. 1967. Morphology, biology and control of *Verticillium malthousei* a parasite of cultivated mushrooms. *Phytopath. Z*. 59: 1–32.

[19] Fletcher J.T., Yarham D.J. 1976. The incidence of benomyl tolerance in *Verticillium fungicola*, *Mycogone perniciosa* and *Hypomyces rosellus* in mushroom crops. *Ann. Appl. Biol*. 84: 343–353.

[20] Fletcher J.T., White P.S. Gaze R.H. 1989. Mushrooms pests and disease control. 2 nd edn. Intercept Andover, UK: 174 ss.

[21] Gams W., Zaayen A., van. 1982. Contribution to the taxonomy and pathogenicity of fungicolous *Verticillium* species. I. Taxonomy. *Neth. J. Pl. Path*. 88: 57–78.

[22] Gandy D.G. 1971. Experiments on the use of benomyl (Benlate) agaist *Verticillium*. *MGA Bull*. 257: 184–187.

[23] Gandy D.G. 1972. Observations on the development of *Verticillium malthousei* in mushroom crops and role of cultural practices in its control. Proc. 8th Int. Cong. on Mush. Sci. 8: 171–181.

[24] Gandy D.G. 1979. The pathogens of *Agaricus bitorquis*. Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst. 1978: 142.

[25] Gandy D.G., Spencer D.M. 1976. The use of chlorothalonil for the control of benzimidazole tolerant stains of *Verticillium fungicola* (PREUSS) HASSEBR. on the cultivated mushroom. S*ci. Horticulturae* 5: 13–21.

[26] Gaze R. 2004. The essence of *Verticillium control*. *Mush. J*. 653: 12–15

[27] Gea F.J., Tello J.C., Navarro M.J. 2003. Occurrence of *Verticillium fungicola* var. *fungicola* on *Agaricus bitorquis* mushroom crops in Spain. *J. Phytopath*. 151: 98–100.

[28] Gea F.J., Navarro M.J., Tello J.C. 2005. Reduced sensitivity of the mushroom pathogen *Verticillium fungicola* to prochloraz-manganese in vitro. *Mycol. Res.*109: 741–745.

[29] Griensven L.J.L.D. van. 1988. The cultivation of mushrooms. First English edition. 362–404.

[30] Grogan H.M. 2001. *Verticillium* – an interesting experiment. *Mush. J*. 622: 18–19.

[31] Grogan H.M. 2004. Holding on to prochloraz in casing. *Mush. J.* 655: 22–24.

[32] Grogan H.M, Jukes A.A. 2003. Persistence of the fungicides thiabendazole, carbendazim and prochloraz in mushroom casing. *Pest Management Sci.* 59: 1225–1231.

[33] Hassebrauk K. 1936. Pilzliche Parasiten der Getreideroste. *Phytopath. Z.* 9: 514.

[34] Keeling C., Grogan H.M., Gaze R. 2000. Control of prochloraz tolerant *Verticillium*. *Mush. J*. 604: 20–21.

[35] Lednar P., Stanek M. 1984. Choroby a skudci zampionu a ochrana proti nim II. Věstník Pěstitelů 19: 72–102.

[36] Mamoun M., Olivier J.M., Vedie R. 1995. Discussions on assessment of artificial infections with *Verticillium fungicola* for breeding programmes. Proc. 14th Int. Cong. Sci. and Cult. of Edible Fungi, A.A. Balkema, Rotterdam. Oxford: 669–677.

[37] Marlowe A., Romaine C.P. 1982. Dry Bubble of oyster mushroom caused by Verticillium fungicola. *Plant Dis.* 66: 859–860.

[38] Maszkiewicz J. (red.) 2006. Ochrona pieczarki. Hortpress. Warszawa: 144 ss.

[39] Maszkiewicz J., Lewandowski M., Szymański J. 2006. Terminarz ochrony pieczarki na lata 2006–2007. *Biul. Prod. Piecz*. 1: 8–20.

[40] Matthews C.T. 1983. The pathology and ecology o *Verticillium fungicola* (PREUSS) HASSEBRAUK. Ph. D. thesis, University of Bath, U.K.

[41] Mendoza G.C., Bernardo D., Pérez Cabo A., Novaes-Ledieu M. 2003. Mechanisms involved in the *Verticillium fungicola* mycoparasitism on *Agaricus bisporus* fruit bodies: *Verticillium* disease or „dry bubble" of cultivated mushrooms. *Recent Res. Dev. Microbiol*. 7: 269–278.

[42] Mills P.R., Fermor T., Muthumeenakshi S., Lincoln S. 2000. Cell wall degrading enzymes produced by *Verticillium* spp. and their relationship to infection in *Agaricus bisporus*. Sci. and Cult. Edible Fungi, Griensven van L.J.L.D. (red.) Balkema, Rotterdam: 601–605.

[43] Nair N.G., Macauley B.J., 1987. Dry bubble disease of *Agaricus bisporus* and *A. bitorquis*, and its control by prochloraz-manganese complex. *New Zealand J. Agri. Res*. 30: 107–116.

[44] Nirmala B., Singh R.P., Bhatt N. 2002. Chemical control of mycoparasites of button mushroom. *J. Mycol. Plant Pathol*.32: 38–45.

[45] North L.H., Wuest P.J. 1993. The infection process and symptom expression of *Verticillium* disease of *Agaricus bisporus*. *Can. J. Pl. Pathol.*15: 74–80.

[46] Oei P. 2003. Mushroom cultivation (3rd edition). Appropriate technology for mushroom growers. Backhuys Publishers. Leiden: 442 ss.

[47] Popadupaulos G. 2005. What is happening to prochloraz in casing? *Mush. J*. 22: 22–24.

[48] Rinker D.L., Bussmann S., Alm G., 1993. A selective medium for *Verticillium fungicola*. *Can. J. Pl. Pathol*.15: 123–124.

[49] Romaine C.P., Schlagnhaufer B., Stone M. 2002. A polymerase chain reaction-based test for *Verticillium fungicola* causing dry bubble disease on the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 59: 695–699.

[50] Russel P. 1984. Sporgon on mushrooms. *Mush. J.* 141: 299

[51] Samuels G.J., Johnston P.R. 1980. Benomyl and the *Verticillium* diseases of cultivated mushrooms. *New Zealand J. Agri. Res.* 23: 155–157.

[52] Sinden J.W. 1971. Ecological control of pathogens and weed moulds in mushroom culture. *Ann. Rev. Phytopath*. 9: 411–432.

[53] Sinden J.W. 1972. Disease problems in advanced mushroom nurseries. *Mush. Sci.* 8: 125–130.

[54] Szymański J. 2004. Przypomnienie o aktualnych i nadal potrzebnych dezynfektantach. *Biul. Prod. Piecz.* 1: 46–49.

[55] Thalpa C.D., Jandaik C.L. 1986. Spore germination behaviour of *Verticillium fungicola* (Preuss) Hassebr. under different environmental conditions. Proc. Int. Symp. Sci. Technical Aspects Cult. of Edible Fungi, Pennsylvania State University, PA, USA: 405–410

[56] Veder P.J.C. 1986. Nowoczesna uprawa pieczarki. PWRiL Warszawa 360–362.

[57] Ware W.M. 1933. A disease of cultivated mushrooms caused by *Verticillium malthousei*. *Ann. Botany* 47: 763–784.

[58] Wong W.C., Preece T.F., 1987. Sources of *Verticillium fungicola* on commercial mushroom farm in England. *Plant Pathol*. 36: 577–582.

[59] Yoder J.B., Sinden J., Hause E. 1950. Experience with zinc ethylene bis-dithiocarbamate as a fungicide in mushroom cultivation. *Mush. Sci*. 1: 100–108.

[60] Zaayen A. van, Gams W. 1982. Contribution to the taxonomy and pathogenicity of fungicolus *Verticillium* species. II. Pathogenicity. *Neth. J. Pl. Path*. 88:143–154.

[61] Zaayen A. van. 1983. Prochloraz (Sporgon), a new fungicide in mushroom culture. *Champignoncultuur* 27: 163–167.

Dry bubble disease caused by *Verticillium fungicola* (Preuss) Hasselbrauk

Key words: *Verticillium fungicola*, *Agaricus bisporus*, *Agaricus bitorquis*, prochloraz-Mn

Summary

Dry bubble disease caused by *Verticillium fungicola* (Preuss) Hasselbrauk is the most important fungal disease of cultivated mushroom *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. It is a very damaging disease and has been a problem for the mushroom industry since it was first reported in 1892. This review presented hitherto condition of knowledge to mycoparasite: economic importance of the disease, its symptoms, the sources of infection, vectors as well as prevemtiom and control of pathogenie fungus.

Podziękowania

Autorka składa podziękowania Panu dr Jędrzejowi Maszkiewiczowi za cenne wskazówki udzielone podczas pisania publikacji.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 85–96

Phomopsis viticola Sacc. jako patogen winorośli na świecie i w Polsce

Ewa Król
Katedra Fitopatologii, Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: ewa.krol@ar.lublin.pl

Słowa kluczowe: *Phomopsis viticola*, winorośl, epidemiologia, identyfikacja

Wstęp

Grzyby z rodzaju *Phomopsis* występują powszechnie we wszystkich strefach klimatycznych powodując objawy chorobowe, głównie na nadziemnych organach wielu gatunków roślin [14, 74, 75, 77]. Pomimo dużego znaczenia gospodarczego *Phomopsis* spp. nie były nigdy przedmiotem intensywnych badań taksonomicznych [75]. Publikacje z lat 1906–1935 mówią o występowaniu ponad 180 gatunków [15]. W późniejszych latach Kendrick [22] wymienił 135 gatunków, a Uecker [75] i Wechtl [77] opisali ponad 800 gatunków lub podgatunków. W wielu przypadkach nie wiadomo dokładnie czy dany grzyb jest specyficznym patogenem określonego gatunku rośliny, czy może zakażać więcej roślin i jaki wpływ na jego morfologię ma roślina żywicielska [47,75]. Dokładne poznanie i identyfikację niektórych gatunków *Phomopsis* ułatwiają tworzone przez nie teleomorfy, należące do rodzaju *Diaporthe*, ale stwierdzono je zaledwie u 18–20% populacji tych grzybów [75]. Ustalono, że 60 gatunków to ważne patogeny różnych roślin żywicielskich [75]. Wśród nich znajduje się *Phomopsis viticola* Sacc., powodujący objawy chorobowe na winorośli [7, 11,14, 19, 33, 42, 47, 51, 68, 74, 75, 77]. Za głównego żywiciela *P. viticola* uważa się gatunki winorośli należące do *Vitis vinifera* L., ale żywicielami mogą też być inne gatunki *Vitis* spp. w tym *Vitis labrusca* L., *Vitis rupestris* Scheele, a także *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. [5, 47]. Obecność tego patogena stwierdzono na winorośli uprawianej w Europie, Azji, Australii, Nowej Zelandii, Afryce i Ameryce Północnej [5, 7, 19, 38, 42, 45, 68, 74, 75]. W Europie chorobę powodowaną przez *P. viticola* najczęściej nazywa się „excoriose" lub „*Phomopsis* cane and leaf spot", ale w literaturze niemieckojęzycznej powszechnie używa się określenia „Schwarzfläckenkrankheit", a rosyjskojęzycznej „černa piatnistost". W literaturze amerykańskiej często używa się

określenia „dead-arm", a australijskiej „cane and leaf blight". W warunkach Polski *Phomopsis viticola* opisano po raz pierwszy na winorośli uprawianej pod osłonami w południowo-wschodnim regionie kraju [38]. Obecnie występowanie patogena stwierdza się powszechnie na łozach matecznych i sadzonkach winorośli uprawianych w różnych regionach Polski [32, 33]. Ze względu na powodowane objawy tylko na pędach winorośli, w Polsce przyjęto nazwę choroby jako „nekroza kory winorośli" [39].

Choroba ma przebieg szczególnie wyniszczający, gdy w okresie poprzedzającym pękanie pąków utrzymują się intensywne opady deszczu [7, 19, 57]. Porażenie roślin powoduje ich osłabienie, redukcję plonu i obniżenie jego jakości, a w konsekwencji prowadzi do zamierania sadzonek i wieloletnich krzewów [11, 19, 32, 33, 39, 42, 45, 47].

Historia nomenklatury patogena

W 1880 roku Saccardo [63] opisał grzyba izolowanego z chorych pędów *Vitis vinifera* we Francji i nazwał go *Phoma viticola* Sacc. Jednak już w 1883 roku zaobserwował, że wśród *Phoma* spp. znajdują się gatunki nietypowe i użył dla nich po raz pierwszy nazwy *Phomopsis* [75 – wg cyt. lit.]. Rok później zdefiniował ten nowy rodzaj jako grupę, która powinna być wydzielona z rodzaju *Phoma* ze względu na konidia typu beta [75 – wg cyt. lit.]. Obserwacje te dały Saccardo podstawę do zmiany nazwy oznaczonego uprzednio gatunku *Phoma viticola* Sacc. na *Phomopsis viticola* (Sacc.) Sacc. [64], ale badania Saccardo z 1915 r. opierały się na materiale zebranym z *Vitis aestivalis* w USA, a nie na materiale z Francji, z którego oznaczono wcześniej *Phoma viticola* [47]. W zbliżonym czasie podobne objawy chorobowe na pędach *Vitis labrusk*a na terenie USA opisał Reddick [61] uznając za ich przyczynę *Fusicoccum viticolum* Reddick. Wkrótce Shear [72] znalazł w kulturach grzyba izolowanego z takich pędów winorośli, stadium doskonałe i nazwał je *Cryptosporella viticola* (Reddick) Shear. W badaniach in vitro, kolonie uzyskane z pojedynczych askospor tworzyły piknidia i zarodniki typowe dla *F. viticolum* i Shear nie mógł ponownie uzyskać stadium teleomorfy z uzyskanej w ten sposób anamorfy [72]. W następnych latach chorobę winorośli opisywano w różnych regionach USA [18, 43], w Anglii [14], Japonii [20], Kanadzie 912], Holandii [76], we Włoszech [16] i południowej Afryce [13].

W roku 1931 Saccardo ponownie opisał *Phomopsis viticola* nawiązując do opisów z 1880 i 1915 roku [51 – wg cyt. lit.]. Opis ten zasadniczo zgadzał się z opisami grzyba przedstawionymi przez Reddica i pozostałych badaczy, co sugerowało, że jest to ten sam gatunek [51]. Jednocześnie w 1937 roku Goidánich zdecydował o zmianie nazwy *Fusicoccum viticolum* Reddick na *Phomopsis viticola* (Reddick) Goid., ale bez ponownego przebadania gatunku oznaczonego przez Reddicka i bez porównania z *P. viticola* Saccardo [16, 68 – wg cyt. lit., 47]. Od tej pory *Phomopsis viticola* (Reddick) Goid. cytowano jako synonim *Phomopsis viticola* Sacc. [58]. Dalsze wspólne badania Das Gupta, Grave, Hahn, von Höhnal i Wahmeyer [51] potwierdziły, że jest to ten sam gatunek – *Phomopsis viticola* Sacc., uznając jednocześnie pierwszeństwo oznaczenia Saccardo [51, 42– wg cyt. lit.].

Objawy chorobowe

Phomopsis viticola może infekować wszystkie nadziemne organy winorośli [7, 19, 24, 57, 66, 67]. Uważa się jednak, że jest szczególnie groźnym patogenem dla liści i pędów, natomiast owoce zakaża sporadycznie [7, 10, 55, 56]. Na górnej stronie chorych liści tworzą się początkowo niewielkie, jasno zielone plamy z nieregularnymi, czasami gwiaździstego kształtu obrzeżami. Plamy te na spodniej stronie blaszki liściowej są czarne i otoczone żółtą obwódką. Na nerwach głównych i bocznych mogą pojawiać się nekrotyczne smugi, które przechodzą na ogonki liściowe. Silnie zainfekowane liście stają się niekształtne, pofałdowane, często blaszka liściowa podwija się do dołu, żółknie i ulega nekrozie, co powoduje przedwczesne opadanie liści. Objawy takie obserwuje się przede wszystkim na liściach położonych w dolnej części krzewów [7, 19, 45, 57].

Najbardziej charakterystyczne objawy pojawiają się na sześciu najniżej położonych międzywęźlach jedno i dwuletnich pędów. Tworzą się na nich podłużne, brązowo-czarne smugi. W miarę wzrostu pędów nekrozy rozciągają się na kolejne międzywęźla i węzły oraz zlewają się i otaczają pędy dookoła. W miejscach porażonych kora łatwo pęka i łuszczy się, a wewnątrz zakażonego pędu widać zbrązowienie drewna [2, 7, 38, 39, 44, 45, 66, 67]. W okresie spoczynku na powierzchni zakażonych pędów tworzą się nieregularne, nekrotyczne plamy, często z ciemną obwódką i jaśniejszym środkiem. W miejscu plam pojawiają się liczne piknidia, częściowo zagłębione w chorą tkankę, a zakażone pędy bieleją [7, 19, 45, 57, 59]. Przyczyną bielenia może być niszczenie przez grzyba pigmentu zawartego w korze dojrzałych pędów [23] lub wnikanie powietrza pod epidermę unoszoną przez tworzące się piknidia [7, 19, 22]. Zakażone pędy stają się kruche, łamią się u podstawy i zasychają. Zasychanie kolejnych pędów prowadzi do zamierania całych krzewów [2, 7, 38, 39, 45, 66, 67]. *Phomopsis viticola* powoduje również zamieranie oczek u podstawy pędów. Następstwem tego jest bezlistność pędów i brak nowych przyrostów [2, 24, 57].

Objawy analogiczne do tych na pędach pojawiają się również na głównych osiach kwiatostanów i szypułkach [7, 57, 66, 67]. Zwykle zmiany chorobowe rozchodzą się od głównej osi kwiatostanu na rozgałęzienia boczne i na szypułki, rzadziej na owoce. Jeżeli plamy otaczają oś kwiatostanu, jagody poniżej miejsca infekcji marszczą się, stają się kruche, łamliwe i zasychają. Gdy zbliża się okres zbioru jagody brązowieją, a na ich skórce tworzą się liczne piknidia, przez co owoce stają się szorstkie [7, 19, 45, 55, 56, 57].

W warunkach Polski *Phomopsis viticola* powoduje typowe dla tego gatunku plamistości i nekrozy na pędach winorośli, ale nie stwierdzono dotychczas objawów chorobowych na liściach i owocach tej rośliny [25, 32, 33, 38, 39].

Charakterystyka patogena

Phomopsis viticola należy do gromady *Deuteromycota*, klasy *Coleomycetes*, rzędu *Sphaeropsidales*. W literaturze długo nie było opisu teleomorfy tego grzyba, a jedynie wzmianki o możliwości jej występowania. Shear [72] sugerował, że uzyskany przez niego z zamierających pędów winorośli grzyb *Cryptosporella viticola* Shear stanowi stadium doskonałe *P. viticola*, ale nie udokumentował tego badaniami. Berezovskaja [2] nie wykluczała wytwarzania przez *P. viticola* stadium doskonałego, a Hewitt i Pearson [19] opierając się na badaniach Sheara [72] uznali za takie stadium *Cryptosporella viticola*, nie przypisując mu poważniejszej roli ze względu na sporadyczne występowanie. W 1990 Mármureanu i in. [40] uznali, że teleomorfa *P. viticola* należy do rodzaju *Diaporthe*, ale nie opisali tego stadium.

Phomopsis viticola tworzy czarne, kuliste piknidia z krótką szyjką, o wymiarach 220–230µm na 230–350µm [2, 38, 52]. Piknidia zagłębione są w chorej tkance i tylko ujścia wystają ponad powierzchnię. Piknospory wydostają się z piknidiów w postaci długich, kremowożółtych nitek lub „wąsów" albo w postaci gęstych, kremowożółtych kropli cieczy [2, 7, 19, 29, 38, 39, 57]. *Phomopsis viticola*, jak większość gatunków z tego rodzaju, tworzy zarodniki 2 typów. Alfa konidia (α) są jednokomórkowe, bezbarwne, eliptyczne lub owalne, czasem zaostrzone z jednej strony długości (3) 4–12µm (23) i szerokości (1) 2–3 µm (4). Beta konidia (β) są jednokomórkowe, długie, cienkie, proste lub zakrzywione długości (5) 12–30 µm (50) i szerokości (0,35) 0,5–2 µm (3,5) [19, 29, 38, 66, 67, 68, 75]. U niektórych gatunków β konidia nie występują, u innych tworzą się rzadko. Dominują konidia typu α, które stanowią zwykle 80–90% [19, 29, 66, 67, 75]. Jeżeli występują oba typy zarodników, tworzą się zwykle na tych samych fialidach [75]. Podstawowe znaczenie w zakażaniu roślin mają konidia typu α, natomiast konidia typu β nie mają zdolności zakażania i kiełkują tylko w warunkach prowokacyjnych [7, 19, 42, 49, 71, 75]. Z badań Sergeeva i in. [71] wynika ponadto, że β konidia były zdolne do bezobjawowego zakażania liści winorośli. Ze względu na częste obserwowanie konidiów typu β na zdrewniałych pędach lub w starzejących się kulturach i na pożywkach z dodatkiem fungicydów uważa się, że ten typ zarodników umożliwia patogenowi przeżycie w niesprzyjających warunkach, aczkolwiek ich dokładne znaczenie pozostaje nadal niewyjaśnione [7, 19, 30, 35, 49, 71].

Typowe dla gatunku kultury *P. viticola* wyrastają na pożywce PDA, Czapek-Dox i owsianej, ale najczęściej opisywane są na pierwszym, wymienionym podłożu [9,19, 34, 42, 66, 67, 68]. Młode kolonie tworzą kremowobeżową grzybnię, która wraz z wiekiem ciemnieje przybierając brązowoczarne zabarwienie. Charakterystyczną cechą kultur *P. viticola* jest tworzenie koncentrycznych pierścieni (kręgów) grzybni ciemnej o zwartej budowie i jasnej, puszystej o luźniejszej strukturze [19, 29, 42, 51, 66, 67, 68]. Piknidia tworzą się nieregularnie w ciemnej części grzybni, pojedynczo lub w skupieniach przypominających sklerocja [19, 31, 66, 67]. Z badań Coélho i in. [9] wynika, że piknidia tworzą się najobficiej na pożywce owsianej i na świetle,

a Castillo-Pando i in. [6] wykazali, że obfite zarodnikowanie grzyba uzyskuje się na ubogiej pożywce PDA z dodatkiem liści goździka. Znajomość warunków szybkiego i intensywnego zarodnikowania jest bardzo istotna przy badaniu gatunków słabo zarodnikujących na sztucznych podłożach [29, 30, 75].

Badania prowadzone w ostatnich latach w Australii wskazały na zróżnicowanie w obrębie rodzimej populacji *P. viticola* i doprowadziły do wyodrębnienia 4 typów tego patogena [42, 66, 67, 68]. Okazało się, że typy 1 i 2 występują najczęściej i różnią się wielkością zarodników alfa, tempem wzrostu i wyglądem grzybni, szybkością zarodnikowania, kolorem wydzieliny zarodników oraz patogenicznością, tworzeniem zróżnicowanych objawów chorobowych i pochodzeniem z regionów o różnych warunkach klimatycznych [42, 69]. Wkrótce ustalono, że jeden z tych typów, tj. typ 1, może rozmnażać się płciowo i opisano dokładnie jego teleomorfę, którą nazwano *Diaporthe viticola* [59, 66, 67, 68]. Grzyb ten tworzy liczne, czarne perytecja w kształcie ampułki lub owalne, do 400 µm średnicy, z długimi, zgiętymi, czasami rozgałęzionymi szyjkami długości do 3 mm. Worki są liczne i zawierają po 8 zarodników. Askospory są bezbarwne, elipsoidalne, jednoprzegrodowe, nieznacznie zwężone w miejscu przegrody, często z 2–4 dużymi ziarnistościami, lekko zaostrzone na obu końcach, o wymiarach 9,5–15 × 2,5–4 µm [66, 67, 68]. Występowanie *Diaporthe* sp. stwierdzono także w Portugalii [50]. Jednak autor nawiązując do opisów Wehmeyer z 1933 roku [47 – wg cyt. lit.] uznał, że odpowiedniejszą nazwą dla teleomorfy *P. viticola* typ 1, występującej w Australii i Portugalii, jest *Diaporthe perjuncta* NIESSL. a nie *D. viticola*, do czego skłonili się również inni autorzy [47, 59, 60]. Burges i in. [5] zaproponowali jeszcze inną nazwę *D. australafricana*.

Cykl rozwojowy i epidemiologia

P. viticola zimuje w postaci grzybni w zakażonych pędach i pączkach śpiących oraz w postaci piknidiów na chorych organach [7, 17, 19, 32, 33, 39, 45]. Wiosną z piknidiów wydostają się gęste krople cieczy zawierające piknospory, które w czasie wilgotnej pogody są zmywane i rozprzestrzeniane na wierzchołki młodych pędów, liści i kwiatostanów [7, 19, 66, 67, 68]. Zarodniki typu α kiełkują w szerokim zakresie temperatury od 1 do 37°C przy optymalnej 24°C. Do zakażenia dochodzi w ciągu kilku godzin w warunkach wysokiej wilgotności względnej, wynoszącej około 100% [19, 57]. Infekcja roślin przez *P. viticola* następuje przez świeże rany, naturalne otwory oraz młode, nieuszkodzone tkanki. Pędy zakażane są najczęściej w okresie od pękania pączków do momentu, kiedy osiągną długość ok. 20 cm [2, 19, 24, 39, 45, 52, 55, 56, 57, 68]. Po infekcji strzępki grzyba rozwijają się międzykomórkowo w zewnętrznych tkankach zainfekowanych organów, przenikając je stopniowo w głąb [17, 45, 52]. Objawy chorobowe na liściach pojawiają się zwykle po 7–10 dniach od infekcji, na pędach po kilku tygodniach, a nawet miesiącach [17, 19, 39, 45, 51]. Następstwem powolnego przemieszczania się strzępek grzyba w zakażonych pędach

jest możliwość utajonego rozwoju, na co wskazuje wyosabnianie *P. viticola* z pędów bez objawów chorobowych [32, 33, 44, 45, 57, 78]. Stwarza to niebezpieczeństwo epidemicznego rozwoju choroby, o ile zaistnieją warunki temu sprzyjające, jak również umożliwia rozprzestrzenianie patogena wraz z materiałem rozmnożeniowym [17, 32, 33, 45, 66, 67, 68, 73]. W czasie lata, w suchym, ciepłym klimacie grzyb zwykle staje się nieaktywny, a przy ochłodzeniu wznawia swoją aktywność [19, 66, 67, 68]. Przedłużające się okresy deszczowej i wilgotnej pogody wczesną wiosną, kiedy młode pędy są najbardziej wrażliwe na porażenie, przyczyniają się do wystąpienia epidemii [19, 57].

Identyfikacja patogena

Oznaczanie *P. viticola*, podobnie jak wszystkich gatunków z rodzaju *Phomopsis*, opiera się przede wszystkim na charakterystyce wzrostu w warunkach in vitro, tj. tempie wzrostu kolonii, szybkości tworzenia piknidiów, kolorze wydzieliny piknidiów, optymalnej temperaturze zarodnikowania, wielkości zarodników alfa oraz na podstawie gatunku rośliny żywicielskiej [29, 42, 47, 59, 70, 75, 78]. Pomimo dużej szkodliwości patogen ten długo nie był badany na poziomie genetycznym [11]. Dopiero w Australii, w związku z wykryciem różnych typów *P. viticola*, jak również stadium doskonałego *P. viticola* typ 1, zwrócono uwagę na wykorzystanie do identyfikacji tego grzyba metod biologii molekularnej [42, 68]. Badania Merrin i in. [42] prowadzone w Australii wskazały, że zróżnicowane morfologicznie typy *P. viticola* różniły się także profilami enzymów pektolitycznych. Izolaty reprezentujące typ 1 tworzyły wyraźne prążki w tych samych pozycjach, podczas gdy izolaty typu 2 nie generowały prążków lub były one bardzo słabo wybarwione [42]. Z kolei Scheper i in. [66, 67] sygnalizują zmienność genetyczną *P. viticola* występującego zarówno w obrębie określonych winnic, jak i u *P. viticola* występującego w różnych winnicach na terenie Australii. Wnioskują oni, że wysoki stopień zróżnicowania w populacji *P. viticola* wynika z możliwości rozmnażania płciowego i wskazują na potrzebę dalszego rozwoju badań genetycznych i poszukiwania specyficznych markerów różnicujących populację tego grzyba. Badania prowadzone przez Melanson i in. [41] pozwoliły na zidentyfikowanie sekwencji DNA, specyficznej dla każdego z dwóch typów *P. viticola*, które najczęściej infekują winorośl w Australii. Pozwoliło to również na opracowanie metod służących do wykrycia *P. viticola* typ 1 w pędach i pączkach winorośli wykazujących objawy chorobowe,jak również bez objawów [41]. Ponadto analiza molekularna regionów ITS (Internal Transcribed Spacer) prowadzona przez Rawnsley i in. [59] potwierdziła, że izolowany w Australii *P. viticola* typ 2, to znany wcześniej na świecie *P. viticola* i wskazała na zróżnicowanie genetyczne w stosunku do *P. viticola* typ 1 i *Diaporthe perjuncta*. W podobnym czasie rozpoczęto również badania nad zmiennością genetyczną *P. viticola* w Afryce Południowej, przy czym oprócz izolatów rodzimych uwzględniono również izolaty tego grzyba pochodzące z Włoch, Portugalii, Turcji, USA i Australii oraz izolaty

Phomopsis spp. z innych roślin żywicielskich [47]. Porównanie filogenetyczne, przeprowadzone na podstawie analizy sekwencji genu kodującego podjednostkę 5.8S rRNA, ITS1 i ITS2 oraz częściową sekwencję końca 5' jednego z genów mitochondrialnych (mitochondrial small subunit–mtSSU), pozwoliło na zidentyfikowanie każdego badanego gatunku [47]. W badaniach amerykańskich do różnicowania izolatów *P. viticola* również wykorzystano sekwencję regionów 5.8S, ITS1, ITS2 [59, 70]. Badania prowadzone we Włoszech nad grzybami powodującymi zamieranie drewna winorośli wskazały na przydatność metody RAPD do różnicowania różnych rodzajów grzybów [53]. Ustalono ponadto duże podobieństwo genetyczne wśród izolatów *P. viticola* pochodzących z różnych regionów Włoch i znaleziono specyficzne markery RAPD, których sekwencje wykorzystano do projektowania starterów SCAR, m.in. dla *P. viticola* [53].

Badania prowadzone w Polsce nad zmiennością genetyczną wybranych izolatów *Phomopsis* spp. wskazały na dużą homogeniczność izolatów uzyskanych z winorośli w porównaniu z izolatami uzyskanymi z jabłoni, gruszy, wiśni, borówki amerykańskiej, leszczyny i żywotnika, co pozwoliło na ich rozróżnienie [25]. Zaobserwowano jednocześnie, że genotypy *P. viticola* pochodzące z różnych regionów Polski nie wykazywały wyraźnego zróżnicowania w uzyskanych profilach DNA [25]. Stwierdzone zróżnicowanie genetyczne w populacji rodzimych izolatów *Phomopsis* spp. korespondowało z wynikami identyfikacji prowadzonej metodami klasycznymi [29].

Ograniczanie występowania i ochrona przed *P. viticola*

Ważnym sposobem ograniczania rozwoju patogena jest profilaktyka. Uwzględnia ona m.in. niszczenie i usuwanie chorych organów winorośli, redukcję inokulum patogena na łozach w czasie spoczynku roślin i przede wszystkim stosowanie zdrowego materiału rozmnożeniowego [5, 6, 7, 19, 32, 33, 45, 66, 67, 73]. W krajach winnicznych, na 2–3 tygodnie przed pękaniem pąków, stosuje się dinoseb, w celu zniszczenia piknidiów i piknospor znajdujących się na powierzchni zakażonych pędów [19, 73]. Ponadto w okresie spoczynku roślin powszechnie stosowano tzw. fungicydy wyniszczające, np. dinitrobutylfenol i dinitro-o-kresol, które obecnie wycofywane są z użycia ze względu na dużą toksyczność i zagrożenie dla środowiska oraz człowieka [6, 45]. Wykazano, że w ich miejsce można wprowadzić bezpieczniejsze i skuteczne związki chemiczne, jak systemicznie działający benomyl oraz powierzchniowo aktywny fluazinam i mankozeb, które silnie hamują rozwój grzybni i zarodnikowanie *P. viticola* [6]. Wymienione związki, jak również chinozol, siarczan 8-hydroksychinoliny i gorąca woda, polecane są do moczenia łozy oraz sztobrów przeznaczonych na sadzonki [6, 8, 19, 66, 67, 73]. Prawidłowo prowadzona ochrona w okresie spoczynku roślin i dbałość o zdrowotność materiału rozmnożeniowego pozwalają na zredukowanie objawów chorobowych na początku okresu wegetacji i ograniczenie liczby zabiegów w sezonie [6, 55, 56, 57].

W okresie wegetacji poleca się zwykle 2 zabiegi chemiczne w czasie największej podatności roślin na zakażenie przez *P. viticola*, tj. w momencie, gdy młode pędy mają od 2 do 15 cm długości [6, 7, 19, 55, 56, 57, 66, 67, 68]. W tym czasie najczęściej stosuje się preparaty działające zapobiegawczo m.in. mankozeb, dithianon, kaptan, folpet, chlortalonil, propineb, fosetyl glinu [6, 7, 19, 66, 67]. Przy dużym zagrożeniu chorobowym niektórzy autorzy zalecają opryskiwanie także latem, aż do zawiązania gron owocowych, ażeby powstrzymać zakażenie owoców i rozwój patogena w pędach jeszcze nie całkiem zdrewniałych [7, 57]. Niekiedy istnieje także potrzeba zastosowania preparatów interwencyjnych, wśród których wymienia się fungicydy benzimidazolowe, anilinopirimidynowe, pochodne strobiluryny i niektóre związki z grupy inhibitorów biosyntezy ergosterolu [1, 3, 4, 21, 24, 36, 46, 54]. Należy jednak pamiętać, że stosowanie tych preparatów powinno być ograniczone ze względu na możliwość pojawiania się odporności w populacji różnych patogenów winorośli, a szczególnie *Botrytis cinerea* Pers. [1, 6, 36].

Program ochrony winorośli w Polsce uwzględnia zwalczanie mączniaka rzekomego (*Plasmopara viticola* (Mont.) de Bary), mączniaka prawdziwego (*Uncinula necator* (Schw.) Burrill) i szarej pleśni (*Botrytis cinerea*). Badania własne wykazały, że niektóre fungicydy stosowane w ochronie przed wymienionymi patogenami ograniczały także rozwój grzybni i zarodnikowanie *P. viticola* w warunkach laboratoryjnych i w uprawie pod osłonami [30, 35]. Spośród nich szczególnie efektywny okazał się mankozeb, związek polecany w wielu krajach winniczych w programach ochrony przed *P. viticola* [6, 19, 37, 46, 66, 67]. Ponadto dobrą skutecznością charakteryzowały się: chlorotalonil i metalaksyk + mankozeb, a w warunkach in vitro silne ograniczanie rozwoju *P. viticola* powodowały: tiofanat metylu, flusilazol, azoksystrobina i cyprodinil [1, 3, 4, 6, 24, 36, 37, 46].

W ostatnich latach zwrócono uwagę na niechemiczne, przyjazne środowisku metody ochrony winorośli przed tym patogenem [6, 48, 66, 67, 69]. Wśród nich najczęściej wskazuje się na możliwość stosowania ekstraktów z rdestu, drzewa cytrusowego lub z orzechów kokosowych [69, 48]. Ponadto stwierdzono zadowalające ograniczanie rozwoju *P. viticola* po zastosowaniu oleju parafinowego oraz biopreparatów na bazie *Pseudomonas* spp., *Bacillus subtilis*, *Ampelomyces quisqualis* i chitozanu [65, 69].

Badania przeprowadzone w Polsce wykazały, że mikroorganizmy antagonistyczne, a szczególnie grzyby z rodzaju *Trichoderma*, ograniczały rozwój *P. viticola* zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i na przechowywanej łozie winorośli [26, 27, 28]. Po zastosowaniu Biochikolu 020 PC opartego na chitozanie, stwierdzono tylko słabe ograniczenie wzrostu grzybni patogena, ale wyraźne zmniejszenie żywotności konidiów [30, 31].

Biorąc pod uwagę brak szkodliwości biopreparatów dla organizmów stałocieplnych, należy przypuszczać, że będą one coraz powszechniej stosowane w integrowanej uprawie winorośli i w uprawie ekologicznej [6, 69].

Podsumowanie

Phomopsis viticola należy do groźnych patogenów winorośli uprawianej w wielu rejonach świata. W Polsce opisano go po raz pierwszy w 1993 roku, na winorośli uprawianej pod osłonami w okolicach Lublina. Obecnie *P. viticola* izolowany jest powszechnie z materiału rozmnożeniowego winorośli, pochodzącego ze szkółek i plantacji z różnych regionów kraju. Izolowanie tego patogena z pędów winorośli z objawami chorobowymi i z pędów bez objawów stwarza niebezpieczeństwo przeniesienia *P. viticola* wraz z materiałem szkółkarskim na nowe plantacje. Powyższe fakty skłoniły do dokładnego poznania morfologii i biologii *P. viticola* w warunkach Polski. Przedstawiono optymalne warunki izolacji i metody identyfikacji, z uwzględnieniem metod biologii molekularnej oraz możliwości ograniczania rozwoju i rozprzestrzeniania patogena. Praca prezentuje wyniki badań wykonanych w Polsce na tle światowych prac i wskazuje na potrzebę dalszych badań nad ograniczaniem strat powodowanych przez tego patogena.

Literatura

[1] Baroffio C.A., Siegfried W., Hiber U.W. 2003. Longerm monitoring for resisrtance of *Botryotinia fuckeliana* to anilinopyrimidine and hydroxyanilide fungicides in Switzerland. *Plant Dis.* 87: 662–666.

[2] Berezovskaja E.A. 1986. Černaja pjatnistost vinograda i mery borby s nej. *Sadovod. i Vinogr. Moldavi* 7: 52–54.

[3] Berezovskaja E.A., Vološina N.P. 1987. Sistema borby s černoj pjatnistostju vinograda. *Informacionnyj Listok* 31: 1–3.

[4] Bourbos V.A., Shourdridakis M.T. 1991. Efficacy of some fungicides against excoriosis of grape. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 23: 197–198.

[5] Burges N., Taylor A., Kumar S. 2005. *Phomopsis* cane and leaf spot. *Phomopsis viticola* (Synonym: *P. viticola* Taxon 2) an exotic threat to Western Australia. *Factsheet* 9: 9–10.

[6] Castillo-Pando M.S., Nair N.G., Emmett R.W., Wicks T.J. 1997. Inhibition in pycnidial viability of *Phomopsis viticola* on canes in situ as an aid to reducing inoculum potential of cane and leaf blight disease of grapevines. Australas. *Plant Pathol.* 26: 21–25.

[7] Cavanni P., Fantuz F., Ponti J. 1987. Le malattie crittogarmiche del legno della vite. *Informatore Fitopatologico* 37(1): 27–34.

[8] Clarke K., Sergeeva V., Emmett R.W., Nair N. G. 2004. Survival of *Phomopsis viticola* in grapevine cuttings after hot water treatment. *Australasian Plant Pathol*. 33(2): 317–319.

[9] Coèlho R.M.S., Castro H.A., De Menezes M. 1997. Esporulacão de *Phomopsis* e *Phoma* em diferentes meios de cultura e condicões de temperature e luminosidade. *Summa Phytopathologica* 23(2): 176–180.

[10] Cucuzza J.D., Sall M.A. 1982. *Phomopsis* cane and leaf disease of grapevine: effects of chemical treatment on inoculum level, disease severity and yield. *Plant Disease* 66: 794–797.

[11] De Guido M.A., Pollastro S., Carlucci A., De Miccolis Angelini R.M., Faretra F. 2003. *Phomopsis viticola* is easily transformed with *hph* and *Bml* genes. *Journal of Plant Pathology* 85(1): 43–52.

[12] Drayton F.L. 1926. A summary of the prevalence of plant diseases in the Dominion of Canada 1920–1924. *Can. Dept. Agr., Div. Botany, Bull.* 71 (N.S.): 27.

[13] Du Plessis S.J. 1938. The dead-arm disease of the vine. *Farm. South Africa* 2: 79–83.

[14] Grove W.B. 1917. The British species of *Phomopsis*. *Bull. Misc. Inform*. 2: 48–73.

[15] Grove W.B. 1935. British stem and leaf fungi (*Coelomycetes*). Vol. I. *Sphaeropsidales*. Combridge University Press.

[16] Goidánich G. 1937. *Phomopsis viticola* (REDDICK) GOID. *Atti Reala Accad Naz Lincei* 26: 107–112.

[17] Halleen F., Crous P.W., Petrini O. 2003. Fungi associated with healthy grapevine cuttings in nurseries, with special reference to pathogens involved in the decline of young vines. *Australasian. Plant Pathol.* 32: 47–52.

[18] Hewitt E.J. 1935. Dead-arm disease of grapes in California. *Plant Disease Reptr.* 19: 309–310.

[19] Hewitt W.B., Pearson R.C. 1988. *Phomopsis* cane and leaf spot. W: „Compendium of grape diseases", Pearson R.C., Goheen A.C. (red.). APS Press, Minnesota: 16–18.

[20] Hiura M. 1924. On the dead-arm disease of grape vine in the vicinity of Sapporo. *Sapporo Agriculture and Forestry School Bulletin* 67.

[21] Isakovic L. 1999. Quadris – the beginning a new period of vineyards protection. Zbornik predavanj in referatov 4, Slovenskaya Posretovanja o Varstun Rastlin v Portorozu od 3 do 4 Marca 1999: 291–293.

[22] Kendrick W.B. (red.) 1979. The Whole Fungus 1. Ottawa, Kanada, National Museum of Kanada and the Kananaskis Foundation.

[23] Kozar V.M., Berezovskaja E.A. 1980. Nekarorye boleni drevesiny vinogradnych kustov i mery borby s nimi. W: „Povyšenie effektivnosti proizovodstva ulučšenie kačestva vinograda i vina" (V.M. Kozar red.). Novoserkast: 49–50.

[24] Kozar V.M., Berezovskaja E.A. 1988. Porazaemost vinograda čarnoj pjatnistostju. *Zašč. Rost*. 8: 30–31.

[25] Król E. 2002. Determination of genetic variability within *Phomopsis* spp. using RAPD method. *Phytopathol. Pol.* 25: 35–46.

[26] Król E. 2004. Oddziaływanie epifitycznych bakterii z liści winorośli na *Phomopsis viticola* Sacc. *Acta Agrobotanica* 57(1–2): 99–107.

[27] Król E. 2004. Efektywność wybranych mikroorganizmów w ograniczaniu zakażania sadzonek winorośli przez *Phomopsis viticola* Sacc. *Acta Agrobotanica* 57(1–2): 109–118.

[28] Król E. 2004. *Trichoderma* spp. and other microorganisms in the control of *Phomopsis viticola* on grapevine canes. *Phytopathol. Pol*. 31: 25–31.

[29] Król E. 2005. Identification and differentiation of *Phomopsis* spp. isolates from grapevine and some other plant species. *Phytopathol. Pol.* 35: 151–156.

[30] Król E. 2005. Influence of some chemicals on the viability of *Phomopsis viticola* Sacc. spores. *Journal of Plant Protection Research* 45(3): 195–204.

[31] Król E. 2006. Chitosan activity in an inhibition of in vitro growth of *Phomopsis viticola* and protection of grapevine canes against the pathogen. *Phytopathol. Pol*. 39: 155–162.

[32] Król E. 2006. Grzyby zasiedlające zdrowe łozy winorośli (*Vitis* spp.) w wybranych szkółkach. *Acta Agrobotanica* 59(2): 163–173.

[33] Król E. 2006. Fungi inhabiting decaying grapevine (*Vitis* spp.) cuttings. *Journal of Plant Protection Research* 46(4): 353–358.

[34] Kuropatwa E. 1993. Badania wpływu temperatury i podłoża hodowlanego na wzrost i zarodnikowanie *Phomopsis viticola* Sacc. Materiały z Sympozjum „Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin", Olsztyn, 7–9 września 1993: 249–254.

[35] Kuropatwa E. 1994. Badanie efektywności grzybobójczej fungicydów dla *Phomopsis viticola* Sacc. powodującego nekrozę korową winorośli. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. EEE – Horticultura* 2: 109–115.

[36] Lattore B.A., Spadaro J., Rioja M.E. 2002. Occurrence of resistant strains of *Botrytis cinerea* to anilinopyrmidine fungicides in table grapes in Chile. *Crop Protection* 21: 957–961.

[37] Maček J., Zgur J. 1989. Sensitivity of isolates of *Phomopsis viticola* Sacc., causal agent of grapevine black spot, to some fungicides. *Zaštita Bilja* 40: 27–33.

[38] Machowicz-Stefaniak Z. 1993. *Phomopsis viticola* Sacc. (Sphaeropsidales, *Deuteromycotina*) nowy w Polsce pathogen pędów winorośli. *Acta Mycologica* XXVIII: 157–160.

[39] Machowicz-Stefaniak Z., Kuropatwa E. 1993. Pathogenicity of *Phomopsis viticola* Sacc. for grapevines (*Vitis vinifera* L.) under foil tunnel conditions. *Phytopathol. Pol.* 5(17): 67–72.

[40] Mármureanu M., Dumitru C., Oprea M. 1990. Bioekologia, transmiterea Si combaterea ciupercii *Phomopsis viticola* Sacc. *Horticultura* 2: 26–30.

[41] Melanson D.L., Rawnsley B., Scheper R.W.A. 2002. Molecular detection of *Phomopsis* taxa 1 and 2 in grapevine canes and buds. *Australasian Plant Pathol*. 24: 44–56.

[42] Merrin S.J., Nair H.G., Tarran J. 1995. Variation in *Phomopsis* recorded on grapevine in Australia and its taxonomic and biological implications. *Australasian Plant Pathol*. 24: 44–45.

[43] Miles L.E. 1935. The ascomycetes of Mississippi. *Plant Disease Reptr.*1939–66.

[44] Moller W.J., Kasimatis A.N. 1981. Further evidence that *Eutypa armeniaca* – not *Phomopsis viticola* incites dead arm symptoms on grape. *Plant Dis*. 65: 429–431.

[45] Mostert L., Crous P.W., Petrini O. 2000. Endophytic fungi associated wits shoots and leaves of *Vitis vinifera*, with specific reference to *Phomopsis viticola* complex. *Sydowia* 52: 46–56.

[46] Mostert L., Denman S., Crous P.W. 2000. In vitro screening of fungicides against *Phomopsis viticola* and *Diaporthe perjuncta*. *Enology and Viticulture* 21: 62–65.

[47] Mostert L., Crous P.W., Kang J.C., Philips A.J.L. 2001. Species of *Phomopsis* and *Libertella* sp. occurring on grapevines with specific reference to South Africa: morphological, cultural, molecular and pathological characterization. *Mycologia* 93: 146–167.

[48] Oliva A., Meepagala K.M., Wedge D.E., Harries D., Hale A.L., Aliotta G., Duke S.O. 2003. Natural fungicides from *Ruta graveolens* L. leaves, including a new quinolone alkaloid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(4): 890–896.

[49] Pezet R.1974. Methode favorisant la production de spores de type beta chez *Phomopsis viticola* SACC. *Phytopath. Z.* 79: 67–76.

[50] PhilipsA.J.L.1999. The relationship between *Diaporthr perjuncta* and *Phomopsis viticola* on grapevines. *Mycologia* 91: 1001–1007.

[51] Pine T.S. 1958. Etiology of the dead-arm. *Phytopathology* 48: 192–197.

[52] Pine T.S. 1959. Development of the grape dead-arm disease. *Phytopathology* 49: 738–743.

[53] Pollastro S., Dongiovanni C., Abbatecola A., De Guido M.A., De Miccolis R.M., Angelini P., Faretra F. 2001. Specific SCAR primers for fungi associated with wood decay of grapevine. *Phytopathol. Mediterr.* 40 (Suppl.): 362–368.

[54] Politi A. 1998. Azoxystrobin (Quadris): fungicide with a wide spectrum of activity for protection of grapevines. *Informatore Fitopatologico* 48: 36–44.

[55] Pscheidt J.W., Pearson R.C. 1989. Effect of grapevine training system and pruning practices on occurrence of *Phomopsis* cane and leaf spot. *Plant Disease* 73: 825–828

[56] Pscheidt J.W., Pearson R.C. 1989. Time of infection and control of *Phomopsis* fruit rot of grape. *Plant Disease* 73: 829–833.

[57] Pscheidt J.W., Pearson R.C. 1991. *Phomopsis* cane and leaf spot of grape. *Disease identification*, Sheet 6 (Revision).

[58] Punithalingam E. 1979. *Phomopsis viticola*. CMI Descrr 635, Kew, Surrey, England: CMI.

[59] Rawnsley B., Wicks T.J., Scott E.S., Stummer B.E. 2004. *Diaporthe perjuncta* does not cause cane and leaf spot disease of grapevine in Australia. *Plant Disease* 88(9): 1005–1010.

[60] Rawnsley B., Wicks T.J., Stummer B.E., Scott E.S. 2006. The role of *Diaporthe perjuncta* in delayed and death of grapevine buds. *Australasian Plant Pathol*. 35(2): 265–273.

[61] Reddick D. 1909. Necrosis of the grape vine. N.Y. (Cornell) *Agric. Exp. Stn. Bull.* 263: 323–343.

[62] Rolshousen P.E., Trouillas F., Gubler W.D. 2004. Identification of *Eutypa lata* by PCR-RFLP. *Plant Dis*. 88: 925–929.

[63] Saccardo P.A. 1880. Michelia Commentarium Mycologicum. *Fungus in Primis Italicos Illustrans* 2: 92–99.

[64] Saccardo P.A. 1915. Notae mycologicae. *Annales Mycologici* 13: 115–138.

[65] Samojlov Yu. K. 2003. Vineyard without chemicals. *Zashchita i Karantin Rostenij* 6: 22–23.

[66] Scheper R.W.A., Scott E.S., Whisson D.L. 1997. *Phomopsis* cane and leaf spot, discovery of the sexual stage of *P. viticola* type 1. *Aust. N. Z. Wine Ind. J.* 12(3): 264–265.

[67] Scheper R.W.A., Whisson D.L., Scott E.S. 1997. Revised disease cycles of the two types of *Phomopsis on grapevine*. *Grapegrover and Winemaker* 9: 41–44.

[68] Scheper R.W.A., Crane D.C., Whisson D.L., Scott E.S. 2000. The *Diaporthe* teleomorph of *Phomopsis* taxon 1 on grapevine. *Mycol. Res.* 104: 227–232.

[69] Schilder A.M.C., Gillett J.M., Sysak R.W., Wise J. 2002. Evaluation of environmentally friendly products for control of fungal diseases of grapes. P.163–167. W: 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems In Organic Fruit-Growing and Viticulture. Proc. Conference (Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.v., ed.). Weinsberg, Germany, 4–6 February.

[70] SchilderA.M.C., Erincik O., Castlebury L., Rossman A., Ellis M.A. 2005. Characterization of *Phomopsis* spp. infecting grapevines in the Great Lakes region of North America. *Plant Disease* 89(7): 755–762.

[71] Sergeeva V., Nair N.G., Barchia I., Priest M., Spooner-Hart R. 2003. Germination of β konidia of *Phomopsis viticola*. *Plant Pathology* 32(1): 105–107.

[72] Shear C.L. 1911. The ascogenous form of the fungus causing dead-arm of the grape. *Phytopathology* 1: 116–119.

[73] Simon J.L. 1993. Mesures d'hygiene lors du greffage de la vigne. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic*. 25: 63–54.

[74] Sutton B.C. 1980. The Coelomycetes, Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stroma. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey.

[75] Uecker F.A. 1988. A world list of *Phomopsis* names with notes on nomenclature, morphology and biology. *Mycol. Mem*.13: 321 ss.

[76] Van Poeteren N. 1936. Verslag over de werkzaamheden van den Plantenziektenkundigen Dienst in het jaar 1935. Verslag. *Plantenziekt. Dienst, Wageningen* 83: 88 ss.

[77] Wechtl E.E. 1990. *Phomopsis* (*Coelomycetes*) species on *Compositae* and *Umbelliferae*: a critical evaluation of characters with keys. *Linzer Boil. Beitr*. 22(1): 161–173.

[78] Willison R.S., Chamberlain G.C., Townshend J.L., Ronde J.H.D. 1965. Epidemiology and control of dead-arm of grapes. *Can. J. Bot.* 43: 901–914.

Phomopsis viticola Sacc. as a pathogen of grape-vine in the world and in Poland

Key words: *Phomopsis viticola*, grape-vine, epidemiology, identification

Summary

Phomopsis viticola belongs to the serious pathogens of grape-vine cultivated in many region of the world. In Poland it was described for the first time in 1993 on grapevine cultivated under cover, in the Lublin region. Nowadays, the cultures of *P. viticola* are commonly obtained from propagation material originated from many nurseries and plantations in the country. The fact of isolation of this pathogen both from the canes with disease symptoms and asymptomatic ones, shows the danger of *P. viticola* widespreading with cuttings on the new plantations. These information contributed to detailed studies on the morphology and biology of *P. viticola* under Polish conditions. Most favourable conditions for isolation of this pathogen, its identification methods including methods of molecular biology, and the possibilities of limiting *P. viticola* development and distribution were presented. Paper summarized the results of own studies with reference to results of the other researches and indicated the need of further studies concerning *P. viticola*.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 97–107

Ocena skłonności producentów rolnych do podejmowania działań grupowych – próba adaptacji modeli Chrisa Argyrisa

Marta Domagalska-Grędys
Katedra Agrobiznesu, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rrdomaga@cyf-kr.edu.pl

Słowa kluczowe: styl działania w grupie, Model I i II Chrisa Argyrisa

Wstęp

Wymagania współczesnego rynku stawiane producentom żywności eliminują rozdrobnione gospodarstwa indywidualne i stanowią impuls do rozwoju działań grupowych (grup producenckich). Zmiany, jakie zachodzą w grupach producentów pod wpływem integracji są przedmiotem licznych badań. Oprócz rezultatów ekonomiczno-rynkowych (obniżenie kosztów produkcji, szeroka oferta handlowa, więcej kontraktów $\rightarrow$ przewaga rynkowa) istnieje bogaty dorobek koncepcji z zakresu zarządzania i psychologii społecznej, które zwracają uwagę na unikalne wartości pracy zespołowej. Przyjmując, że w grupie producentów rolnych występują cechy charakterystyczne dla zespołu pracowniczego (mają wspólny cel, określone normy, sposoby podejmowania decyzji, rozwiązywania problemów), można traktować te podmioty w przybliżeniu analogicznie. W ostatnich latach coraz wyraźniej zaczyna doceniać się efektywność zespołów już nie tylko ze względu na sumę tworzących je osób, lecz ze względu na nową jakość. Efektywność zespołowa jest też częściej określana podmiotowo (ma charakter podmiotowy) [13]. Zwraca się więc uwagę na kierownika (lidera), grupę jako całość i poszczególne jednostki, uczestniczące w procesie wzajemnego wpływu, podlegające nieustannym zmianom ze względu na zmienność wymagań otoczenia (rynku, otoczenia społecznego i politycznego). Oddziaływanie poszczególnych podmiotów to przede wszystkim wywieranie formalnego nacisku ze strony grupy (organizacji) na członków (pracowników) podporządkowanych normom, przepisom i zadaniom narzuconym przez zespół (organizację).

Według niektórych autorów [15] koncepcja pracy zespołowej zdominowała współczesne zarządzanie, bowiem zarządzający dochodzą do wniosku, że praca zespołowa jest sposobem na pełniejsze wykorzystanie pracowników i zwiększenie ich produktywności [22]. Uzyskiwana dzięki zespołom elastyczność i umiejętność dostosowywania się ma zapewnić przedsiębiorstwom przewagę konkurencyjną w coraz bardziej nieustabilizowanym i zmiennym środowisku. Spośród wymienionych cech podmiotowych zespołów (grup), interesującym autorkę problemem była identyfikacja stylów działania w grupach producentów rolnych według Modelu I i II Chrisa Argyrisa [1, 2, 3] na tle cech i zachowań kierowniczych pożądanych współcześnie.

Wybór modelu Argyrisa, spośród istniejących teoretycznych koncepcji działania, miał na celu zbliżenie jednej z teorii działania zespołów pracowniczych dla grup producentów rolnych, tym samym próbę określenia jego przydatności na gruncie obszarów wiejskich.

Problem poszukiwania stylu działania zespołowego współcześnie nabiera wagi ze względu na zmieniające się technologie i warunki rynkowe, które wymagają bardzo efektywnych zachowań, często nieosiągalnych dla jednostek. Stawia się często pytanie, jaką drogę obrać mając ludzi i określone cele?. W sytuacji rolników, którzy zrzeszają się w grupy producenckie, problem jest analogiczny. Wyniki prowadzonych badań [6, 7, 14] wskazują na potrzeby szkoleniowe w grupach z zakresu wspólnego podejmowania decyzji, negocjacji, zarządzania. Powszechne są konflikty na linii członek-lider grupy, czy członek-członek, które w znacznym stopniu wynikają z obranego stylu działania przywódcy grupy (lidera). Jakich cech oczekują współcześnie pracownicy (członkowie grup) od swoich kierowników (liderów)? Jakie są najpowszechniejsze zachowania kierownicze? Jak działanie zespołu postrzega Chris Argyris i co wg niego można zmienić w zakresie zachowania, by grupa stała się bardziej efektywna? To pytania, na które należy odpowiedzieć, by zbliżyć się do koncepcji (wizji) kierowania efektywnym zespołem (grupą).

Cechy i zachowania kierownicze pożądane współcześnie

Kierowanie jest procesem złożonym z roli menadżera (koordynacja aktywności zmierzających do produkcji dóbr) i przywódcy[1] (inspirowanie i zachęcanie pracowników). Kierowanie w sytuacji nowych wyzwań (globalizacji, nowych technologii, informatyzacji) to sztuka umiejętności komunikacji, wzbudzania zaufania, konstruowania wizji. Niektórzy badacze i praktycy mówią, że z tym trzeba się urodzić. Inni, jak np. D.Goleman [10], twierdzą, że to umiejętności, których można się nauczyć.

---

[1] Pojęcia przywódca, kierownik, lider grupy producenckiej traktowane są na potrzeby niniejszego artykułu bliskoznacznie.

Do kluczowych umiejętności społecznych 90 najwybitniejszych przywódców na świecie Bennis [4] zalicza: akceptowanie ludzi takimi, jakimi są; zdolność empatii, nieosądzanie ich, lecz rozumienie, opieranie się na tym, co dzieje się w danej chwili bez ciągłego odwoływania się do przeszłości i rozpatrywania błędów; traktowanie najbliższych pracowników z taką samą uwagą, jaką skupia się na klientach i obcych ludziach; umiejętność ciągłego uczenia się od nich; ufanie innym, nawet jeżeli jest w tym duża doza ryzyka; obywanie się bez stałej aprobaty, poklasku i potakiwania ze strony podwładnych i otoczenia. Z kolei dla Kożusznik [13] lider (przywódca) to:

1. Osoba, która opanowała sztukę stwarzania wizji, w której, jak w soczewce, skupia się zainteresowanie pracowników. Przez wizję inspiruje i prowadzi do zjednoczenia ze swoimi podwładnymi.
2. Twórca prawdziwej komunikacji przez słowa znaczące coś ważnego dla ludzi.
3. Budzący zaufanie poprzez swoją determinację, cierpliwość i wiarę.

Badania nad cechami kierowniczymi były i są do dzisiaj popularne, ale bardzo trudno korzystać z ich wyników, gdyż istnieją duże rozbieżności w poglądach badaczy na temat cech kierowników efektywnych i ich pomiaru. Poszukując efektywnych kierowników, analizowano biografie znanych ludzi i zaczęto przyjmować jako kryteria efektywności rozmaite cechy uważane za szczególnie ważne. Efektywni kierownicy charakteryzują się według Stogdilla [19]: wysokim stopniem odpowiedzialności, entuzjazmem i wytrzymałością, oryginalnością w rozwiązywaniu problemów, pewnością siebie (wiarą we własne siły), umiejętnością akceptacji konsekwencji własnych decyzji, gotowością do łagodzenia frustracji i napięć, zdolnością do wpływania na zachowanie innych ludzi.

Według Yukla [21] lista cech i umiejętności kierowników (liderów) ma dość małe znaczenie praktyczne dla badania cech kierowniczych. Może ona służyć raczej jako pomocnicze narzędzie w procesie oceniania i kształtowania cech kierownika – jako rodzaj inwentarza oczekiwanych właściwości w idealnym zestawie, z jakim można porównywać badane cechy. Należy przyjąć, że pewne cechy niewątpliwie zwiększają prawdopodobieństwo efektywności kierowania, ale jej nie gwarantują. Sukces kierownika mającego np. dużą odpowiedzialność i wybitną inteligencję zależy od tego, czy ta konfiguracja cech łącznie z elementami danej sytuacji pozwoli ją efektywnie rozwiązać.

Badania nad zachowaniami kierowniczymi i ich związkiem z efektywnością, koncepcje behawioralne, przyniosły bardziej kategoryczne rozstrzygnięcia co do relacji: osoba kierownika-sytuacja kierownika. Wynikiem tych badań było wykrycie dwóch zasadniczych wymiarów zachowania kierowniczego. Pierwszy to wzgląd na innych oraz inicjowanie struktury, czyli zachowania organizujące, definiujące zadania grupy i sposoby ich realizacji, inaczej nazywane orientacją na pracowników – zachowania ukierunkowane na docenianie relacji interpersonalnych, zainteresowanie potrzebami podwładnych, docenianie indywidualności pracowników. Drugi to orientacja na zadania – zachowania związane z realizacją zadań i technicznymi aspektami pracy. Do koncepcji behawioralnych zalicza się też pogląd Bowersa i Seashore'a [5], którzy wyróżnili cztery czynniki kierowania:

1. Zachowania podtrzymujące kształtowanie poczucia własnej wartości i ważności u podwładnego.
2. Zachowania ułatwiające interakcje (pomagające członkom nawiązać bliskie i satysfakcjonujące stosunki w zespole).
3. Zachowania podkreślające znaczenie celu (wywołujące entuzjazm zespołu i jakość wykonania).
4. Zachowania ukierunkowane na ułatwienie pracy (planowanie, koordynowanie, organizowanie itp.).

Kierownik efektywny (lider) dostosowuje swoje zachowania do sytuacji. Jego sukces zależy m.in. od dużej elastyczności. W opinii rolników małopolskich członków grup producenckich pożądanymi cechami liderów są: lojalność wobec członków, stanowczość, odpowiedzialność, operatywność. Z kolei do najważniejszych kryteriów wyboru lidera zaliczano inicjatywę i zdolności organizacyjne, co wskazuje na mieszaną orientację zachowania kierowników, uplasowaną pomiędzy orientacją na pracownika i orientacją na zadania (produkcję) [8].

Zachowanie przywódcy w kontekście Modelu I i II Chrisa Argyrisa

Przywódca w grupie jest osobą najbardziej wybijającą się, jego sposób sprawowania władzy (rola) przekłada się na efekty grupy. Efektywny lider reprezentuje interesy grupy, daje członkom poczucie siły, sprawia, że czują się odpowiedzialni za swoje własne zachowania. Lider budzi zaufanie poprzez swoją determinację, cierpliwość i wiarę. McGregor [16] stwierdził, że filozofia kierowania poszczególnych kierowników w znacznym stopniu określa ich postępowanie wobec podwładnych. Nawet wyuczenie się przez nich danych technik postępowania nie jest w stanie ukryć prawdziwych przekonań leżących u podstaw kierowania ludźmi. W literaturze przedmiotu istnieje szereg teorii związanych z postacią kierownika, np. klasyfikacja stylów kierowania według Likerta [17][2], teoria przywództwa Fiedlera [9] (dopasowania), teoria sytuacyjnego dopasowania Tannenbauma i Schmidta [20], sytuacyjna teoria przywództwa Herseya i Blancharda [11] oraz Modele I i II kierowania Chrisa Argyrisa [1, 2, 3].

Rozpatrując zagadnienie efektywnego kierowania ludźmi w organizacji Chris Argyris przyjął założenie [1, 3], że zarówno menedżerowie jak i podwładni powinni się zachowywać w sposób bardziej psychologicznie dojrzały. Autor zauważa, że większość menedżerów i przywódców, których obserwował, opiera się w swoim działaniu na dwóch różnych teoriach: a) teorii uznawanej (espoused theory), składającej się z celów i wartości, o których osoba mówi, że rządzą jej zachowaniem;

---

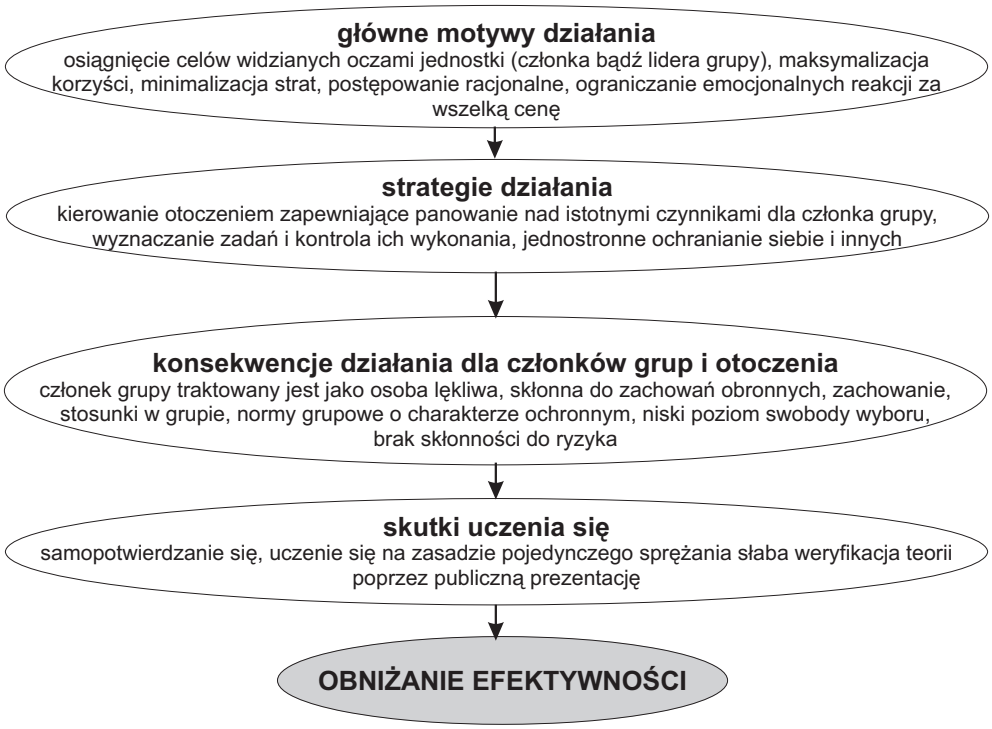
2 Styl autorytarno-despotyczny, autorytarno-życzliwy, konsultacyjny, demokratyczny.

b) teorii stosowanej (in-use theory), składającej się z założeń, które rzeczywiście rządzą zachowaniem.

Teorie uznawane mogą mieć charakter teorii autokratycznych, jak i partycypacyjnych, jednak kiedy obserwuje się przywódcę działającego w grupie okazuje się, że jego teoria stosowana, czyli jego zachowanie, odzwierciedla przeważnie założenia, które Argyris nazywa Modelem I [3]. Model I jest oparty na następujących założeniach:

- w pracy trzeba osiągać własne cele;
- trzeba raczej zwyciężać niż odnosić porażki;
- trzeba minimalizować negatywne przeżycia w relacjach z ludźmi;
- trzeba być racjonalnym i minimalizować emocjonalność w działaniu (rys. 1).

Te podstawowe zmienne, jak pisze Argyris [3], prowadzą do tego, że przez swoje zachowanie jednostka dąży do kontrolowania innych, aby maksymalizować własne bezpieczeństwo i zapewnić sobie osiągnięcie wymienionych celów. Prowadzi to do uczenia się „pojedynczej pętli" (one-loop learning), w której ktoś (np. kierownik) stawia sobie takie cele, aby potwierdzić własne założenia, ale nigdy nie uczy się, czy te założenia są wartościowe, czy też nie. W efekcie kierownik odcina się od możliwości uczenia się – zachowania potencjalnie bardziej efektywnego dla zespołu. W zapisach wideo zachowań kierowniczych [3] widać wyraźnie, że zachowanie



Rysunek 1. Proces uczenia się członka grup producentów rolnych – Model I Argyrisa
Źródło: opracowanie własne.

kierowników jest niekonfrontacyjne i nieukierunkowane na rzeczywiste uczenie się oraz jest sprzeczne z wewnętrznymi odczuciami osób (członków grupy). Podwładni często obserwują tę niespójność, ale „grają te same role", rzadko ujawniając prawdziwe uczucia i rzadko konfrontując je z uczuciami innych ludzi w pracy. Prowadzi to do tego, że zarówno przywódcy jak i podwładni muszą odgadywać uczucia innych i manipulować sytuacją, aby osiągnąć swoje cele.

Choć przywódcy uczestniczą ostatnio w rozmaitych szkoleniach, treningach, programach itd. poświęconych m.in. temu, jak się stać bardziej partycypacyjnym, to okazuje się, że podwładni nie reagują na ich rzekomo nowe podejście i zachowanie. Przywódca bowiem w wyniku szkolenia najczęściej zmienia uznawaną teorię, a nie rzeczywiste zachowanie w danej sytuacji. Edgar Schein [18] twierdzi, że jeżeli zachowanie zgodne z Modelem I jest autokratyczne, to przywódcy są kulturowo niezdolni do zachowań partycypacyjnych w realnym sensie tego pojęcia, nawet jeżeli uznają partycypację za preferowany styl kierowania. Partycypacja wymaga bowiem pewnego poziomu otwartości na uczucia innych i swoje własne i właśnie tę otwartość tak trudno przywódcom w organizacji osiągnąć.

Chris Argyris proponuje Model II zachowania, dzięki któremu w organizacjach kierownicy będą mogli rzeczywiście stosować bardziej partycypacyjne metody kierowania. Model II opiera się na następujących założeniach:

- działanie musi być oparte na rzetelnej informacji;
- działanie musi być oparte na wolnym i opartym na informacji wyborze;
- działanie musi być oparte na wewnętrznym podporządkowaniu danemu wyborowi i ciągłym dostosowywaniu wysiłków, aby określony cel został osiągnięty (rys. 2).

W programie treningowym Argyrisa [3] proponuje się opanowanie zachowań opisanych w Modelu II przez wzajemne poznawanie się i sprzężenie zwrotne. Osoby trenowane (prezesi, menedżerowie, kierownicy) muszą najpierw przedyskutować konkretne scenariusze z punktu widzenia swoich założeń, co pomoże im uświadomić sobie sposób, w jaki Model I reguluje ich myślenie i zachowanie. Potem uczestnicy dyskusji są proszeni o nowe pomysły, jak stać się bardziej współpracującym, konfrontacyjnym, otwartym – zgodnie z Modelem II. Trenowani najbardziej boją się negatywnych reakcji ze strony podwładnych – że ich konfrontacja prowadzi do pojawienia się reakcji obronnych u podwładnych. Uczenie, jak się uczyć, oznacza ustalenie relacji, które zapewniają większą otwartość, dzielenie się spostrzeżeniami, założeniami i takie działania, które są oparte na bardziej dokładnej i rzetelnej informacji.

Chris Argyris i Donald A. Schon [3] przyznają, że Model II wymaga wielkiego wysiłku ze strony kierowników, ale oparcie zachowania na zasadach tego modelu jest konieczne, jeżeli chcemy w organizacjach w pełni wykorzystać ludzki potencjał. Model II Argyrisa ma na celu zmianą kulturowych wartości dotyczących rywalizacji, racjonalności, braku konfrontacji, negatywnych emocji.

Członkowie grup producenckich podczas współpracy najczęściej spotykają się z konfliktami na etapie podejmowania decyzji (głosowań, podziału pracy, negocjowania cen) i rozwiązywania zadań (np. odnośnie technologii produkcji, inwestycji).

Rysunek 2. Proces uczenia się członka grup producentów rolnych – Model II Argyrisa
Źródło: badania własne.

Często w powyższych sytuacjach występuje gra o wpływy, co negatywnie odbija się na procesach podejmowania decyzji (chaos, powierzchowne rozwiązania, myślenie grupowe). Sposób ustalania zadań oraz podejmowania decyzji może być zbliżony do opisywanego wyżej Modelu I Argyrisa i być przyczyną nieefektywności. Przyczyną nieefektywności wg Agryrisa może okazać się postępowanie oparte na racjonalizacji za wszelką cenę i ograniczanie reakcji emocjonalnych, ukierunkowanie na osiąganiu celu za wszelką cenę i uzyskiwanie „wygranej". Odbija się to na członkach grupy (procesy obronne), jak i na całej grupie (procesy rywalizacji, konflikty, niedokończone zadania). Argyris proponuje Model II, który udoskonala proces regulacji wpływów, osiągania zadań i podejmowania decyzji.

Analiza Modelu II (rys. 2) nie stanowi całkowitego przeciwieństwa Modelu I (rys. 1). Model II nie wyklucza możliwości precyzyjnego określenia celów, odrzuca jednak jednostronną kontrolę jako sposobu „zwycięstwa w danej sytuacji". W warunkach Modelu II jednostki nie powinny walczyć o możliwość podejmowania decyzji za innych, dążyć do prześcignięcia i manipulowania innymi, gdyż główną funkcją zespołu (grupy) staje się maksymalizowanie wkładu każdego uczestnika. Raczej powinno się zwiększać znaczenie wolnego wyboru, a także poczucie wewnętrznego zaangażowania oraz ważności wykonywanych zadań.

Możliwości diagnozowania stylu działania w grupach według koncepcji Chrisa Argyrisa

Przyjęcie odpowiedniego zestawu pytań testujących umożliwia zbadanie modelu działania (wg zmiennych z koncepcji Argyrisa) grupy producenckiej. Pytania powinny dotyczyć głównych motywów działania i strategii działania stosowanych w grupie. Na podstawie odpowiedzi na pytania z kwestionariusza ankiety, reprezentujące skrajne zachowania dla Modelu I i II, można uzyskać profil członka grup bardziej lub mniej zbliżony do „sylwetki" Modelu I lub II, który indeksujemy. Indeks Modelu I i II oznacza procent standardu teoretycznego. Przykładowo spełnienie warunków Modelu I w 100% gwarantowało 5/8 odpowiedzi na TAK i 3/8 na NIE. Konfrontacja obliczonego indeksu Modelu z innymi zmiennymi (interesującymi badacza), np. wynikami grupy: ekonomicznymi, organizacyjnymi pozwala określić efektywność postępowania w kontekście realizowanego Modelu działania (I lub II). Na potrzeby niniejszego opracowania zaprezentowano analizę zależności między profilem produkcyjnym a Modelem działania wg koncepcji Argyrisa.

Wyniki badań

Badania ankietowe[3] w grupach producenckich przeprowadzono w 2004 roku. Próbę stanowiło 400 gospodarstw pochodzących z 18 grup formalnych i nieformalnych działających na terenie 28 gmin województwa małopolskiego, reprezentujących różne profile produkcyjne. Najpopularniejszymi profilami produkcyjnymi wśród badanych gospodarstw były: wielokierunkowy – 58,1% i sadowniczy – 28,79%, najrzadziej występowały: tytoniowy, mleczarski oraz jajczarsko-drobiarski. Wykorzystując pytania diagnostyczne wyznaczono indeksy Modeli I i II. Najwyższe indeksy dla Modelu I uzyskały gospodarstwa o profilu wielokierunkowym i warzywniczym (prawie 51), a w Modelu II – sadowniczy (73,26) i agroturystyka – 53,24 (tab. 1). Biorąc pod uwagę liczebność w poszczególnych profilach za reprezentatywne można przyjąć wyniki dla profilu sadowniczego i wielokierunkowego, co oznacza, że im grupa bardziej sadownicza, tym model działania był bardziej zbliżony do koncepcji II Argyrisa. Im działalność była bardziej zróżnicowana (wielokierunkowa), tym większe prawdopodobieństwo stosowania przez członków metod wg Modelu I.

Zależność między występowaniem Modeli a profilami produkcji sprawdzono testem Chi kwadrat Pearsona.

---

[3] Projekt badawczy 2 PO6R 103 26 pt. Czynniki kształtujące rozwój działań grupowych rolników w Małopolsce.

Tabela 1. Indeksy modeli działania w grupach producentów rolnych wg profili

Profil produkcji	Model I – indeks (średnie)	Model II – indeks (średnie)
Sadowniczy	26,73394	73,26606
Wielokierunkowy	51,31326	48,68674
Warzywniczy	51,94805	48,05195
Tytoniowy	47,61905	52,38095
Agroturystyczny	46,75325	53,24675
Jajczarsko-drobiarski	39,28571	60,71429
Mleczarski	32,14286	67,85714
Ogólnie grupy	43,76103	56,23897

Źródło: badania własne.

Tabela 2. Statystyki dopasowania (tabeli kontyngencji) profil produkcyjny – model działania wg Argyrisa

Wyszczególnienie	Chi kwadrat	df	p
Chi^2	20,62647	df = 6	p = 0,00214
Fi	0,2101928		
Współczynnik kontyngencji	0,2056979		
V Craméra	0,2101928		

Źródło: badania własne.

Istnieje istotny lecz niezbyt silny związek pomiędzy badanym profilem produkcji a obranym modelem działania grup dla p,05 (tabela 2), przy sile związku 0,2101928 (współczynnik V Craméra).

Podsumowanie

Powszechnie występujące współcześnie modele pracy zespołowej nasuwają wiele ciekawych obserwacji. Pytanie o efektywność w warunkach pracy zespołowej wraca przy okazji formułowania nowych grup, w tym grup producentów rolnych. Problem poszukiwania modelu działania zespołowego narasta szczególnie wtedy, gdy grupy i organizacje producenckie próbują się rozwijać. Przedstawione w tym opracowaniu modele mogą służyć jako wzorzec dla przyszłych stanów i być wykorzystywane podczas szkoleń aktualnych i przyszłych członków grup. Koncepcja Argyrisa, choć trudna bo wymaga wielkiego wysiłku ze strony kierowników (liderów), pozwala w pełni wykorzystać ludzki potencjał w organizacjach. Ma ona na celu zmianę kulturowych wartości dotyczących rywalizacji, racjonalności, braku konfrontacji, negatywnych emocji. Jest to zgodne z koncepcją społeczeństwa solidarnego.

Wyrabianie nawyków zachowania wg koncepcji Modelu II Argyrisa wymaga dodatkowego wysiłku w przypadku grup producentów rolnych. Ważne jest jednak, by w strategii rozwoju grup zastosować odpowiednie szkolenie stosunkowo wcześnie, tj.

na początku, a nie pod koniec działania. Rozwój grupy producenckiej ma swoje ograniczenia, gdyż nie są to organizacje długowieczne. Stąd lepszy jakościowo Model II może być przydatny tylko w przypadku wczesnego i odpowiedniego szkolenia liderów oraz członków.

Etap diagnozy stylu działania może być zrealizowany z wykorzystaniem metody wywiadu z użyciem kwestionariusza. Wstępne badania wśród grup producentów rolnych województwa małopolskiego dowodzą skłonności do zachowań ich członków wg Modelu II. Wskazuje to na duży udział postaw bardziej dojrzałych społecznie i stwarza szansę dla grup producenckich na ich pełniejszy rozwój po przeprowadzeniu szkoleń. Przyjmując zasadę pełnej wiarygodnej diagnozy działań grupowych potwierdzenie statystycznej zależności między modelem działania producentów a profilem produkcji w ich gospodarstwach wymaga jednak dalszych obserwacji i badań.

Literatura

[1] Argyris Ch. 1975. Dangers in applying results from experimental social psychology. *American Psychologist* 30(4): 469–485.

[2] Argyris Ch. 1976. Leadership, learning and changing the status quo. *Organizational Dynamics* 4/3: 29–43.

[3] Argyris Ch., Schon D.A. 1976. Theory in practice. Increasing professional effectiveness. *The Journal of Higher Education* 47: 113–115

[4] Bennis W.G. 1966. Changing organizations. McGraw-Hill, New York.

[5] Bowers D., Seashore S. 1969. Predicting organizational effectiveness with a four-factors theory of leadership. *Administrative Science Quarterly* 11: 238–263.

[6] Domagalska-Grędys M. 2006. Goals and benefits of the cooperation of agri-producers. Mat. konf. nauk. „Economic Science for Rural Development. Proceedings of the International Scientific Conference. Agriculture Regional Development". Latvia University of Agriculture Faculty of Economics, Jeglava: 94–100.

[7] Domagalska-Grędys 2006. Ocena wewnętrznych uwarunkowań konkurencyjności grup producenckich województwa małopolskiego z wykorzystaniem modelu regresji logistycznej. W: Agrobiznes 2006. Konkurencja w agrobiznesie – jej uwarunkowania i następstwa. Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu. Wydawnictwo AE im. Oskara Langego we Wrocławiu. 1118: 186–193.

[8] Domagalska-Grędys 2006. Pożądane cechy lidera według opinii zrzeszonych producentów rolnych województwa małopolskiego. Przedsiębiorczość i innowacyjność. Wyzwania współczesności. Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej im.Oskara Langego we Wrocławiu. Wydawnictwo AE im. Oskara Langego we Wrocławiu.1116: 236–243.

[9] Fiedler F.E., Mahar L. 1979. The effectiveness of contingency model training: A review of the validation of Leader Match. *Personnel Psychology* 32: 45–62.

[10] Goleman D. 1998. What makes a leader? Harvard Business Review. November-December: 93–102.

[11] Hersey P., Blanchard K.H. 1977. Management of organizational behavior. Utilizing Human Resources. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice Hall, New York.

[12] Kożusznik B. 2002. Zachowanie człowieka w organizacji. PWE, Warszawa: 141–144.

[13] Kożusznik B. 2005. Kierowanie zespołem pracowniczym. PWE, Warszawa: 228 ss.

[14] Krzyżanowska K. 2003. Przedsiębiorczość zespołowa rolników i jej uwarunkowania. Rozprawy Naukowe i Monografie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa:112–113.

[15] Likert R. 1961. New patterns of management. McGraw-Hill, New York.

[16] Matejuk J. 2006. Firmy oparte na pracy zespołowej. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw* 6: 84.

[17] McGregor D. 1960. The Human Side of Entreprise. McGraw Hills, New York: 143–147.

[18] Schein E. 1990. Organizational culture. *American Psychologist* 45(2): 109–119.

[19] Stogdill R.M. 1974. Handbook of leadership. A survey theory and research. Free Press, New York. VIII: 613.

[20] Tannenbaum R., Schmidt W.H. 1955. How to choose a leadership pattern. *Harvard Business Review* 56(3): 131–142.
[21] Yukl G. 1989. Leadership in organization. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York: 148 ss.
[22] Zgud J., Kossowska M. 2000. Anatomia zespołu. *Personel* 13–14: 30–31.

Assessment of agri-producers' willingness to undertake group activities – an attempt at adaptation of Chris Argyris models

Keywords: manner of acting in group, Chris Argyris Model I and II

Summary

The paper dealt with determining the manners of agri-producer group acting. Considering the complexity of a problem of reaching effectiveness in group activities, the Author assumed as a standard the Model I and II of the manager and members activities suggested by Chris Argyris. Theoretical concept of Ch. Argyris served for an initial diagnosing of the style of activities represented by producers engaged in various kinds of production in Malopolskie province and identifying statistical relationships between selected model of acting and production profile.

Creating habitual behaviours according to the desired Argyris Model II concept requires proper trainings, which would change the cultural values and behaviours of teamwork participants.

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 109–111

Kronika

Profesor Zbigniew Jaczewski badacz biologii i rozrodu zwierząt dzikich (1928–2006)

Zbigniew Jaczewski urodził się 25 lutego 1928 roku w Warszawie, w rodzinie patriotycznej, związanej z pracą naukową i dydaktyczną. W czasie wojny działał w Szarych Szeregach, AK i Pułku „Baszta" i walczył w Powstaniu Warszawskim. Jako 16 letni uczeń został wywieziony do Niemiec. Po zakończeniu wojny i powrocie do Warszawy ukończył szkołę i zdał maturę w 1946 r. W tym samym roku rozpoczął studia na Wydziale Weterynaryjnym Uniwersytetu Warszawskiego, a od 1 września 1948 roku został zatrudniony jako asystent w Katedrze Fizjologii Zwierząt. Po uzyskaniu w 1951 roku dyplomu lekarza weterynarii rozpoczął pracę jako nauczyciel akademicki, początkowo na Wydziale Weterynaryjnym UW, a następnie na tym samym Wydziale, ale przeniesionym do SGGW w lutym 1952 r.

Początkowo Zbigniew Jaczewski zajmował się zagadnieniami rozrodu zwierząt domowych, a następnie fizjologią i patologią zwierząt nieudomowionych. Badania prowadzone przez Niego w tym okresie były pod dużym wpływem ojca, profesora Tadeusza Jaczewskiego, zoologa w UW oraz docenta Jana Żabińskiego, dyrektora Ogrodu Zoologicznego w Warszawie, który zachęcił Go do badań regulacji wzrostu poroża u sarny. Zainteresowanie tematyką dotyczącą badań zwierząt dzikich, oraz stworzonym później i rozwijanym kierunkiem badań fizjologicznych, pozostało na całe życie.

W latach 1952–1954 sprawował opiekę weterynaryjną nad rezerwatami żubrów i łosi w Polsce. Praca ta umożliwiła Zbigniewowi Jaczewskiemu zdobycie solidnej wiedzy dotyczącej fizjologii rozrodu żubrów, przebiegu oraz sezonowej zmienności rozrodu żubrów, co było podstawą uzyskania w 1957 roku stopnia naukowego kandydata nauk weterynaryjnych.

Zbigniew Jaczewski w następnych latach doskonalił metodykę badań regulacji cyklu poroża u jeleniowatych. Wyniki tych ponad 45-letnich badań wykazały, że jest to problem pasjonujący, niezwykle złożony i dotychczas jeszcze niewyjaśniony. Dociekliwość badawcza Zbigniewa Jaczewskiego sięgała pomysłów czasami graniczących z fantazją. Można do nich zaliczyć skrócenie sztucznie o połowę świetlnej długości roku u jelenia szlachetnego. Doświadczenia te polegały na zamykaniu byków w okresie wzrostu poroża, tj. w okresie wydłużającego się dnia, w ciemnym pomieszczeniu. W wyniku tego byki odbierały zmniejszoną ilość bodźców wzrokowych mających wpływ na produkcję melatoniny, hormonu szyszynki, która pobudzała liczne procesy mające wpływ nie tylko na gonady i cebulki włosowe, ale także na poroże jeleniowatych. W wyniku tych procesów byki dwukrotnie nałożyły i dwukrotnie zrzuciły poroże w ciągu jednego roku kalendarzowego. Wyniki tych niezmiernie interesujących badań są od 40 lat cytowane w literaturze światowej.

Zainteresowania Zbigniewa Jaczewskiego dotyczyły wielu innych zagadnień fizjologii jeleniowatych, począwszy od przeszczepów poroży, poprzez regulację hormonalną cyklu poroża i rozrodu, analizę jakości nasienia, sztuczną inseminację i inne. Wyniki tych badań były podstawą do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego w 1962 r., tytułu naukowego profesora nadzwyczajnego w 1973 r. oraz tytułu profesora zwyczajnego w 1982 roku.

Profesor Zbigniew Jaczewski był pracownikiem naukowym Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu oraz Zakładu Doświadczalnego PAN w Popielnie na Mazurach. W tym ostatnim rozwinął szeroką działalność i badania nad fizjologią zwierząt nieudomowionych.

Dorobek publikacyjny profesora Jaczewskiego jest znaczący. Jest autorem lub współautorem 217 publikacji, w tym 60 oryginalnych prac twórczych, 39 referatów i doniesień kongresowych, 8 pozycji książkowych oraz licznych artykułów popularno-naukowych i recenzji. Był promotorem 3 przewodów doktorskich oraz recenzentem kilku prac doktorskich i habilitacyjnych, również zagranicznych. Prace Jego najbliższych uczniów – dr Andrzeja Krzywińskiego i docenta Zygmunta Giżejewskiego są również cytowane w literaturze naukowej.

Za swoje osiągnięcia Profesor Jaczewski otrzymał liczne wyróżnienia, m.in. Medal 30-lecia Polski Ludowej, Odznakę Honorową „Zasłużony dla Warmii i Mazur" oraz Złoty Krzyż Zasługi.

Profesor Zbigniew Jaczewski łączył wiedzę weterynaryjną z biologią zwierząt dzikich co spowodowało, że był uznanym autorytetem nie tylko dla biologów, ale również myśliwych i praktyków, znanym nie tylko w Polsce, ale i w wielu krajach. Był wybitnym badaczem, nauczycielem i wychowawcą młodzieży, człowiekiem głębokiej uczciwości, prawości i wiedzy.

Prof. Zbigniew Jaczewski zmarł 28 listopada 2006 roku i został pochowany w ukochanej Ziemi Warmińsko-Mazurskiej, w Rucianem-Nidzie.

Zygmunt Giżejewski, Janusz Gill

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 113–118

Nagrody naukowe Wydziału Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych w 2006 r.

Wydział Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych PAN w dniu 16 listopada 2006 r. przyznał nagrody naukowe i dyplomy oraz dyplomy uznania za wyróżniające się prace badawcze w roku 2006:

Nagrody naukowe i dyplomy

Nagroda Naukowa za cykl prac „Immunobiologia ortopokswirusa ospy myszy (ektromelii): przyczynek do poznania mechanizmów patogenezy ospy prawdziwej" dla prof. dr hab. Marka NIEMIAŁTOWSKIEGO, dr Małgorzaty KRZYŻOWSKIEJ i dr Irmy SPOHR z SGGW, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Nauk Przedklinicznych, Zakład Immunologii z rekomendacji Komitetu Nauk Weterynaryjnych PAN.

W nagrodzonych publikacjach stwierdzono, że u myszy BALB/c (haplotyp H-2^d) genetycznie wrażliwych na zakażenie wysoce zakaźnym szczepem Moscow ECTV (ECTV-MOS) dochodzi do zakażenia uogólnionego, w tym zapalenia spojówek. Związane jest to ze wzrostem ekspresji układu białek Fas(CD95; receptor śmierci)/FasL w komórkach spojówki zakażonych wirusem, co prowadzi do zwiększenia apoptozy tych komórek i, w następstwie, do ułatwionego uwalniania się na zewnątrz spojówki aktywnego, zakaźnego wirusa mogącego podczas łzawienia zakazić inne myszy i środowisko, w którym zwierzęta te bytują – wyniki te mają ważne implikacje praktyczne, gdyż wyjaśniają jeden z podstawowych, uniwersalnych mechanizmów rozsiewania wirusa do otoczenia, co skutecznie umożliwia zakażanie innych organizmów i rozprzestrzenianie wirusa w przyrodzie. Spojówka nie jest – w przeciwieństwie do rogówki – miejscem uprzywilejowanym immunologicznie, dlatego też indukcja w niej stanu zapalnego na tle zakażenia wirusowego stwarza możliwość wystąpienia reakcji immunopatologicznej i zagraża rogówce, a więc procesowi widzenia. Jest zatem zrozumiałe, że miejscowe mechanizmy obronne w spojówce i rogówce współdziałają ze sobą starając się zapobiec uruchomieniu niebezpiecznych dla oka procesów immunopatologicznych, które mogą osłabić lub uniemożliwić widzenie. W badaniach tych wykazano również, że zarówno cytokiny Th2 (IL-4, IL-10), jak i Th1 (IL-2,

IFN-γ), są wytwarzane w szczycie choroby (ok. 15 d.p.z.) z dominacją IFN-γ zwiększającego ekspresję antygenu Fas(CD95) istotnego dla indukcji apoptozy. Prace te są też kontynuacją wcześniejszych badań – prowadzonych wspólnie z prof. B.T. Rousem (USA) – nad patogenezą opryszczkowego (HSV-1/HHV-1) zapalenia rogówki u myszy H-2^d.

W innych badaniach związanych z immunobiologią ECTV wykazano, że w mózgach myszy BALB/c zakażonych ECTV-MOS zachodzi indukcja stanu zapalnego, zwiększona ekspresja Fas(CD95)/FasL i apoptoza zakażonych komórek, co może prowadzić do ograniczenia zakażenia w ośrodkowym układzie nerwowym (OUN). Badania te wykazały ponadto, że w procesie apoptozy współuczestniczą kaspaza-1, -3 i -8, ale nie kaspaza-9. Uzyskane wyniki pozwalają wysnuć hipotezę, że zwiększenie ekspresji Fas/FasL w mózgu zakażonej myszy H-2^d może przyczyniać się do usuwania wirusa z tej tkanki. Można więc przypuszczać, że ECTV-MOS ma zdolność przełamywania bariery krew-mózg, a więc przedostawania się do OUN, w którym replikuje się wywołując stan zapalny, co ekstrapolując – w porównaniu z danymi literaturowymi opisującymi groźne w skutkach zapalenia mózgu u ludzi powstałe po naturalnym zakażeniu VARV, jak i po szczepieniu wirusem krowianki (*Vaccinia virus*, VACV) – upoważnia do postawienia hipotezy, że stan taki może być typowy dla zakażenia przynajmniej tymi dwoma przedstawicielami ortopokswirusów. Niezależnie od przedstawionych wyników badań prowadzone były i są prace nad, między innymi, prezentacją antygenów ECTV-MOS komórkom efektorowym zakażonego organizmu (synapsy immunologiczne), aktywnością cytotoksyczną komórek NK, limfocytów T (CTL, cytotoxic T lymphocytes) $CD8^+$ i $CD4^+$, apoptozą i autofagią oraz ekspresją białek szoku cieplnego (hsp) w zakażeniu ECTV-MOS, jak również nad wpływem wirusa na procesy odpornościowe zachodzące w układzie rozrodczym samic i samców myszy H-2^d.

Podsumowując, istnieje potencjalna możliwość odniesienia się w praktyce do wyników modelowych badań w kontekście: 1) opracowywania nowych generacji biopreparatów, w tym skutecznych i bezpiecznych szczepionek, gdyż, niestety, używane wcześniej szczepionki antyospowe były przyczyną poważnych powikłań ze strony ośrodkowego układu nerwowego, a nawet licznych zgonów szczepionych pacjentów oraz 2) usprawnienia anty-ektromeliowej diagnostyki laboratoryjnej szczepów myszy używanych szeroko w różnych laboratoriach, w tym naukowych i edukacyjnych.

Publikacje:

[1] *Postępy Biologii Komórki* 30(2), 2003: 273–291
[2] *Postępy Biologii Komórki* 31(2), 2004: 331–352.
[3] *Medycyna Weterynaryjna* 60(2), 2004: 113–224.
[4] *Postępy Biologii Komórki* 32(4), 2005: 633–646.
[5] *Journal of General Virology* 86, 2005: 2007–2018.
[6] *Virus Research* 115, 2006: 141–149.
[7] *Medycyna Weterynaryjna* 62(3), 2006: 241–360.

Nagroda Naukowa za cykl prac „Identyfikacja markerów molekularnych i charakterystyka materiałów wyjściowych dla hodowli pszenic odpornych na rdzę brunatną i fuzariozę" dla dr Haliny WIŚNIEWSKIEJ, mgr Lidii BŁASZCZYK i prof. dr hab. Jerzego CHEŁKOWSKIEGO z Instytutu Genetyki Roślin PAN w Poznaniu z rekomendacji Komitetu Fizjologii, Genetyki i Hodowli Roślin PAN.

Prowadzone w latach 2004–2005 prace dotyczyły badań nad odpornością odmian i linii pszenicy na trzy choroby grzybowe: fuzariozę, rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego. Choroby te powodowane są przez grzyby patogeniczne z rodzaju *Fusarium*, *Puccinia recondita* oraz *Blumeria graminis* i uznane są za jedne z najpoważniejszych patogenów wywołujące choroby pszenicy. W zakresie prowadzonych badań, odmiany i linie pszenicy w fazie pełni kwitnienia infekowano sztucznie w warunkach polowych patogenem *Fusarium culmorum*. Na tej podstawie dokonano oceny podatności polskich i zagranicznych odmian i linii pszenicy jarej na fuzariozę kłosów, określając stopień porażenia kłosów i ziarna przez grzyb oraz obniżenie parametrów plonotwórczych. Dodatkowym kryterium było ilościowe oznaczenie zawartości w porażonym ziarnie toksyny – deoksyniwalenolu. W warunkach labolatoryjnych badano także podatność tych pszenic na fuzariozę siewek po inokulacji *F. culmorum*. Przeprowadzone badania pozwoliły również stwierdzić, że fuzarioza kłosów i siewek pszenicy to dwie odrębne choroby.

Zastosowanie metod molekularnych (tzw. markerów DNA), pozwoliło na wykrycie genów odporności na rdzę brunatną: *Lr1*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr13*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr35*, *Lr39*, *Lr47* obecnych w badanych liniach i odmianach pszenicy. Prace te umożliwiły ocenę wiarygodności stosowanych analiz molekularnych, a w konsekwencji opracowanie nowego markera DNA (typu SNP), bardziej skutecznego w wykrywaniu jednego z genów odporności na rdze brunatną – genu *Lr1*.

Na podstawie oceny w warunkach polowych stopnia porażenia badanych odmian i linii pszenicy przez *Blumeria graminis*, analiz molekularnych i oceny w warunkach polowych stopnia porażenia badanych pszenic przez *Puccinia recondita*, jak również oceny porażenia tych pszenic w wyniku sztucznej inokulacji patogenem *Fusarium culmorum*, wyselekcjonowano linię pszenicy jarej, cechującą się odpornością na rdzę brunatną, małą podatnością na fuzariozę kłosa i mączniaka prawdziwego, a jednocześnie kumulującą stosunkowo niewielkie ilości deoksyniwalenolu. Linia ta obecnie stanowi materiał do hodowli odmian odpornych na rdzę brunatną i fuzariozę kłosów.

Publikacje:

[1] Prace z zakresu fitopatologii w Instytucie Genetyki Roślin PAN w Poznaniu w latach 1985–2004, IGR, 2004: 8–19.

[2] Centre of Excellence In Plant Agrobiology and Molecular Genetics, 2004: 77–86

[3] *Cellular & Molecular Biology Letters* 9(4B): 879–889.

[4] *J. Appl. Genet*. 46(1), 2005: 35–40.

[5] *Post. Nauk Rol.* 4, 2005: 15–30.

[6] *J. Phytopathology* 152, 2004: 613–621.

[7] Biologia, Bratislava 60/3, 2005: 287–293

[8] Haploidy i linie podwojonych haploidów w genetyce i hodowli roślin, IGR, 2006: 93–98.

Dyplomy uznania

Za cykl prac „Badania nad zmiennością wirusa zespołu rozrodczo-oddechowego świń (PRRSV) i jej konsekwencjami dla wykrywania, zwalczania i epidemiologii zakażeń tym drobnoustrojem" dla doc. dr hab. Tomasza STADEJKA, dr Martina OLEKSIEWICZA (Dania), czł. koresp. PAN Zygmunta PEJSAKA z Państwowego Instytutu Weterynaryjnego w Puławach z rekomendacji Komitetu Nauk Weterynaryjnych PAN.

Wyniki wyróżnionych badań dostarczyły nowych danych na temat wykrywania, zwalczania i epidemiologii zakażeń wirusem zespołu rozrodczo-oddechowego świń (PRRSV) są niezwykle ważne z naukowego i praktycznego punktu widzenia. Poszerzenie wiedzy na temat zmienności PRRSV w Europie Wschodniej stanowi pierwszy dowód na potwierdzenie wcześniejszych hipotez dotyczących pochodzenia tego wirusa. Wyniki te pokazują również, że dotychczas prowadzone w Europie badania dotyczyły zmienności tego wirusa w mikroskali odnosząc się wyłącznie do jednego podtypu PRRSV, z nieznanych powodów dominującego na obszarze zachodniej i centralnej Europy. Odkrycie to stawia pod znakiem zapytania czułość metod wykorzystywanych w rozpoznawaniu zakażeń PRRSV typu europejskiego na świecie. Wyniki badań zespołu nad rozpoznawaniem zakażeń metodami opartymi na PCR umożliwiają wykrywanie również wysoce zmiennych podtypów wschodnioeuropejskich co jest niezwykle ważne dla praktyki weterynaryjnej. Można przypuszczać, że zastosowanie czułych metod wykrywania PRRSV pozwoli również badaczom w innych krajach na odkrywanie kolejnych, nieznanych podtypów wirusa. W świetle dotychczasowych badań wskazujących na ograniczoną skuteczność immunoprofilaktyki nawet w obrębie jednego podtypu PRRSV, można przypuścić, że nowoodkryte szczepy wirusa należące do innych podtypów są jeszcze trudniejsze do zwalczania przy użyciu dostępnych biopreparatów. Zmusza to lekarzy weterynarii do szukania alternatywnych sposobów postępowania, a producentów szczepionek do opracowywania nowych produktów uwzględniających najnowsze odkrycie zespołu.

Publikacje:

[1] *Journal of Virological Methods* 129, 2005: 134–144.
[2] *Medycyna Weterynaryjna* 61(2), 2005: 121–240.
[3] *Medycyna Weterynaryjna* 61(3), 2005: 241–360.
[4] *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 49(3), 2005: 273–277.
[5] *Journal of General Virology* 87, 2006: 1835–1841.
[6] *Veterinary Record*, 158, 2006: 475–478.

Za prace badawcze „Biochemiczne podstawy funkcjonowania męskiego układu rozrodczego ryb oraz możliwość ich praktycznego wykorzystania" dla prof. dr hab. Andrzeja CIERESZKO, prof. dr hab. Jana GLOGOWSKIEGO, dr Marioli WOJTCZAK, dr Radosława KOWALSKIEGO, mgr inż. Grzegorza J. DIETRICHA, dr Beaty SAROSIEK z Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie, z rekomendacji Komitetu Biologii Rozrodu Zwierząt PAN.

Przedstawione prace stanowią rozwinięcie intensywnych badań nad biochemicznymi i fizjologicznymi podstawami funkcjonowania męskiego układu rozrodczego ryb. Przedmiotem badań były w większości gatunki mające duże znaczenie w chowie i hodowli: pstrąg tęczowy i karp. Prace mają charakter zarówno poznawczy jak i aplikacyjny. Do najbardziej oryginalnych osiągnięć naukowych należy zaliczyć:

1. Wykazanie, że transferyna i inhibitory proteinaz serynowych stanowią główne białka plazmy nasienia ryb.
2. Wykrycie i charakterystykę enzymów proteolitycznych oraz inhibitorów proteinaz nasienia ryb łososiowatych i karpiowatych.
3. Opracowanie metody szacowania uszkodzeń DNA plemników oraz charakterystyki ruchliwości plemników za pomocą obiektywnej metody komputerowej analizy ruchu. Zastosowanie omawianych metod do badań nasienia ryb.
4. Opracowanie próby zmętnieniowej do szacowania jakości ikry ryb łososiowatych. Modyfikacja metody zapłodnienia w celu poprawy jego efektywności. Omawiana modyfikacja została przedstawiona hodowcom pstrągów i wdrożona w wielu wylęgarniach.

Większość wykonywanych badań była możliwa dzięki współpracy ze środowiskiem hodowców ryb. Opracowano prosty test szacowania jakości ikry pstrąga tęczowego na podstawie analizy zmętnienia wody oraz zaproponowano modyfikację procedury zapłodnienia w celu poprawy jego skuteczności. Inne prace dotyczyły kriokonserwacji nasienia ryb, której celem jest zachowanie zmienności genetycznej gospodarczo cennych linii pstrąga tęczowego i karpia oraz opracowania metody postępowania z nasieniem gonadalnym maskulinizowanych samic.

Publikacje:

[1] *Comp. Biochem. Physiol*. B 139, 2004: 571–579.
[2] *Aquaculture* 242, 2004: 613–620.
[3] *Arch. Geflügelk*. 68, 2004: 235–238.
[4] *Arch. Pol. Fish*. 12, 2004: 13–21.
[5] Theriogenology 62, 2004: 1353–1364.
[6] *Biochem. Biophys. Acta Regular Papers* 1671, 2004: 57–68.
[7] *Aquaculture Int*. 12, 2004: 57–68.
[8] *Fish Physiol. Biochem.* 31, 2005: 1–9.
[9] *Theriogenology* 64, 2005: 1809–1822.
[10] *Fish Shellfish Immunol*. 19, 2005: 387–391.
[11] *Electrophoresis* 26, 2005: 514–516.
[12] *Arch. Pol. Fish* 13(2), 2005: 131–146.

Za prace badawcze „Opracowanie metod oznaczania pozostałości leków weterynaryjnych w tkankach zwierząt i żywności" dla doc. dr hab. Andrzeja POSYNIAKA, prof. dr hab. Jana ŻMUDZKIEGO, mgr Kamili MITROWSKIEJ, mgr Jolanty NIEDZIELSKIEJ z Państwowego Instytutu Weterynaryjnego w Puławach, z rekomendacji Komitetu Nauk Weterynaryjnych PAN.

Zmieniające się, coraz większe wymagania analityczne stawiane przed metodami wykrywania substancji obcych w produktach żywnościowych wiążą się z koniecznością opracowywania nowych coraz bardziej sprawnych procedur badawczych. Wynikiem badań prowadzonych w Zakładzie Farmakologii i Toksykologii są metody mające wiele oryginalnych, nowatorskich rozwiązań, dzięki którym wykonywanie badań kontrolnych daje gwarancję niezawodnego wykrycia w analizowanym materiale niedozwolonych substancji. W ciągu ostatnich dwóch lat opracowano między innymi metody służące do oznaczania zieleni malachitowej w mięśniach ryb oraz do wykrywania w tkankach zwierząt obecności leków weterynaryjnych z grupy sulfonamidów i tetracyklin. W metodach tych zastosowano oryginalne, nowatorskie rozwiązania analityczne polegające między innymi na wykorzystaniu fluoryzujących właściwości do wykrywania i oznaczania ilościowego metabolitu zieleni malachitowej, jak również opracowano nowe sposoby przygotowania próbek do badań (rozproszenie matrycy biologicznej w roztworze).

Włączone do krajowego programu kontroli pozostałości chemicznych, biologicznych i leków weterynaryjnych nowe procedury badawcze chronią rynek krajowy i całej Unii Europejskiej. Szczególnie przydatna jest metoda oznaczania zieleni malachitowej, która umożliwia wykrycie skażenia ryb importowanych z krajów azjatyckich.

Publikacje:

[1] *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 48, 2004: 173–1776.
[2] *Medycyna Weterynaryjna* 61, 2005: 742–745.
[3] *Journal of Chromatography* A 1087, 2005: 259–264.
[4] *Journal of Chromatography* A 1088, 2005: 169–174.
[5] *Journal of Chromatography* A 1089, 2005: 187–192.

Nagrody i dyplomy zostały wręczone na uroczystym spotkaniu w dniu 4 grudnia 2006 r.

Przewodniczący Komisji Nagród
Naukowych Wydziału V PAN
Adolf Horubała
Czł. rzecz. PAN

Recenzje i prezentacje

Prezentacja książki „Biopestycydy roślinnego pochodzenia” („Biopesticides of Plant Origin”) C. Regnault-Roger, B.J.J. Philogene, C. Vincent, (red.)

Lavoisier & Intercept, Ltd., Paris i Andover, 2005.
ISBN 2-7430-0675-7; ISBN 1-898298-97-1; 313 str.

Przez wieki tylko pestycydy pochodzenia roślinnego były używane przez ludzi celem zwalczania owadów i innych szkodników o znaczeniu rolniczym, medycznym i sanitarnym. Rzeczywiście – setki, a nawet tysiące gatunków roślin w swych tkankach i soku roślinnym zawiera różne związki chemiczne o działaniu toksycznym, odstraszającym lub przynęcającym. Takie środki owadobójcze oparte na wyciągu z tytoniu oraz proszkach z rotenonu i derrysu są do dzisiaj stosowane zwłaszcza w rolnictwie ekologicznym, które nie dopuszcza stosowania środków uzyskiwanych na drodze syntezy chemicznej.

W miarę rozwoju nauk i technologii chemicznych stała się możliwa synteza owadobójczych związków chemicznych będących analogami owadobójczych substancji występujących w roślinach. Taką grupą insektycydów są pyretroidy będące analogami pyretryn ekstrahowanych z tkanek roślin.

Książka ta w bardzo kompetentny sposób w siedemnastu rozdziałach przedstawia stan technologicznego, analitycznego oraz naukowego zaawansowania produkcji i wykorzystania insektycydów pochodzenia roślinnego w rolnictwie, ogrodnictwie i weterynarii.

W rozdz. 1 **„Preparaty botaniczne: obietnice wczoraj i dzisiaj”** (s. 1–5) B.J.R. Philogenete i in. przedstawili trzy zagadnienia: 1) wykorzystanie insektycydów pochodzenia roślinnego pierwszej generacji (nikotyna, rotenon, pyretrum); 2) perspektywy syntezy nowych syntetycznych insektycydów organicznych; 3) zasto-

sowania insektycydów drugiej generacji pochodzenia roślinnego – pyretroidy i azadyrachtyna.

W rozdz. 2. **„Nowe insektycydy pochodzenia roślinnego dla trzeciego tysiąclecia"** (s. 17–35) C. Regnault-Roger omówił perspektywy wykorzystania polifenoli, monoterpenów i olei toksycznych dla owadów i innych stawonogów o znaczeniu rolniczym i weterynaryjnym.

W rozdz. 3 **„Fitochemiczne odkrycia nowych botanicznych insektycydów"** (s. 37–46) J.T. Arnason i in. dokonali przeglądu owadobójczych substancji ekstrahowanych z tkanek roślin z rodzin *Meliaceae* i *Piperaceae*.

W rozdz. 4 **„Wkład chemii organicznej do zrozumienia owadobójczej aktywności substancji naturalnych ekstrahowanych z roślin wyższych"** (s. 47–58) P.-H. Ducrot omówił grzybobójcze oligostilbeny ekstrahowane z *Cyphostemma crotalarioides* oraz antyfidantne cechy agrofuranów izolowanych z tkanek roślin z rodziny *Celestraceae*.

W rozdz. 5 **„Naturalne produkty roślinne jako synergisty pestycydów"** (s. 59–67) B.J.R. Philogene omówił synergistyczne działanie lignan izolowanych z roślin należących do rodzin *Asteraceae* i *Umbeliferae*.

W rozdz. 6 **„Związki siarki izolowane z *Allium* oraz roślin rodziny krzyżowych i ich potencjalne wykorzystanie w ochronie roślin"** (s. 69–86) J. Auger oraz E. Thibout omówili owadobójcze, roztoczobójcze, chwastobójcze, nicieniobójcze, grzybobójcze i bakteriobójcze działanie różnych związków siarki oraz ich przydatność w zwalczaniu chwastów oraz chorób i szkodników roślin uprawnych.

W rozdz. 7 **„Rola fitoekdysteroidów w zwalczaniu roślinożernych owadów"** (s. 87–103) F. Marion-Pol i in. przedstawili bardzo ciekawe informacje o oddziaływaniu substancji roślinnych m.in. ekdysonu oraz cyjasteronu na fizjologiczne procesy i rozwój owadów oraz innych stawonogów.

W rozdz. 8 **„Idioblasty roślinnych komórek olejowych jako źródło nowych produktów o biologicznym działaniu"** (s. 105–121) C.R. Rodrigez-Saona i in. wskazali, że olej ekstrahowany z tkanek tulipanowca (*Liriodendron tulipifera*) wykazuje owadobójcze działanie w stosunku do wielu gatunków owadów.

W rozdz. 9 **„Wykorzystanie drugorzędowych produktów roślinnych dla ochrony nasion roślin motylkowatych: wpływ na szkodniki i ich parazytoidy"** (s. 123–137) J. Huignard i in. wskazali, że terreny, związki siarki oraz alkaloidy są toksyczne dla strąkowca *Callosobruchus maculatus* i parazytoida *Dinarmus basalis*.

W rozdz. 10 **„Allelochemiczne związki jako herbicydy jutra"** (s. 139–155) G. Chiapusio i in. omówili zjawisko allelopatii, substancje allelochemiczne oraz kwas hydroksamiczny, które spełniają wymogi stawiane nowoczesnym środkom ochrony roślin.

W rozdz. 11 **„Rola fenoli w mechanizmach obronnych roślin"** (s. 157–171) C. El Modofar i E.-S. El Boustani podkreślili, że polifenole reprezentują dużą grupę wtórnych metabolitów m.in. flawonów, chalkonów i stilbenów, które odgrywają

znaczącą rolę w odporności roślin na zakażenie przez grzyby z rodzajów *Fusarium*, *Verticillium* i *Phytophthora*.

W rozdz. 12 **„Rośliny nicieniobójcze i odporne na nicienie”** (s. 173–224) C. Dijan-Carporalino i in. bardzo szeroko omówili ekonomiczne znaczenie i zwalczanie fitopatogennych nicieni. Szczególnie szeroko omówiono: 1) mechanizm odporności roślin na nicienie; 2) wykorzystanie odpornych roślin w płodozmianie. Podano tu wykaz gatunków roślin nicieniobójczych oraz wyniki badań nad nicieniobójczymi roślinami.

W rozdz. 13 **„Wpływ cech transgeniczności roślin na pożyteczne owady zapylające i pasożytnicze”** (s. 225–244) A. Cout i in. podkreślili, że nie stwierdzono szkodliwego wpływu i działania odmian roślin transgenicznych na pszczołę miodną (*Apis mellifera*) oraz na pasożytnicze błonkówki m.in. *Aphidius ervi* i *Aphelinus mali*, które ograniczają liczebność wielu gatunków mszyc m.in. mszycy brzoskwiniowej (*Myzus persicae*) i mszycy wilczomleczowej (*Macrosiphum euphorbiae*).

W rozdz. 14 **„Synteza substancji osłabiających wrażliwość owadów na substancje zapachowe”** (s. 245–266) J.-F. Picimbon opisał możliwości wykorzystania substancji zapachowych celem dezorientacji samców motyli *Lymantria dispar*, *Manduca sexta* i *Heliothis virescens*. Omawiane substancje powodują zaburzenia w odszukiwaniu samic przez samce wskutek czego nie dochodzi do zapłodnienia, a następstwem tego jest znaczny spadek liczebności szkodników.

W rozdz. 15 **„Oleje roślinne i monoterpeny w zabiegach agrochemicznych”** (s. 267–281) C. Gauvrit i F. Cabanne ocenili przydatność olei roślinnych i monoterpenów w zwiększaniu skuteczności zabiegów ochrony roślin m.in. opryskiwania plantacji owsa herbicydami.

W rozdz. 16 **„Problemy i możliwości komercjalizacji botanicznych insektycydów”** (s. 283–291) M.B. Isman omawił cechy głównych insektycydów botanicznych stosowanych w USA, których charakterystykę podano w kilku tabelach, m.in. pyretryn, rotenonu i azadyrachtyny.

W rozdz. 17 **„Systemy rolnicze i biopestycydy w Afryce”** A.I. Glitho przedstawił informacje o sieci instytutów współpracujących nad wdrożeniem w Afryce substancji owadobójczych roślinnego pochodzenia.

Książkę tę polecam uwadze szerokich kręgów specjalistów z zakresu ochrony roślin, a także botanikom i fizjologom roślin, gdyż zawiera ona informacje o dużej wartości naukowej i praktycznej.

Jerzy J. Lipa
Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu

Postępy Nauk Rolniczych nr 4/2007: 123–126

Prezentacja Książki „Zwalczanie owadów szkodliwych dla zasobów żywnościowych podczas przechowywania i przerobu” („Insect Management for Food Storage and Processing”) J.W. Heaps (red.)

AAAC International, St. Paul U.S.A., 2006, 2nd Edition
ISBN-13: 978-1-891127-46-5; 231 str.

Jest to drugie wydanie bardzo użytecznej książki, szeroko wykorzystywanej od 1984 r. w przemyśle spożywczym, młynarstwie oraz w przechowalnictwie produktów zbożowych. W ciągu ponad dwudziestu lat od pierwszego jej wydania nastąpił znaczny postęp w technologii przechowywania oraz w środkach stosowanych do zwalczania organizmów szkodliwych lub zapobiegania ich występowaniu. Z powyższych względów obecny redaktor J.W. Heaps zaprosił dwudziestu siedmiu specjalistów z USA, Izraela, Niemiec i Czech do zaktualizowania jej tematyki oraz wprowadzenia nowych zaleceń obejmujących zarówno metody zapobiegawcze jak i interwencyjne.

Jak podkreślono we **„Wstępie”** (s. i–ii) układ książki jest zgodny z postępowaniem osób odpowiedzialnych za podejmowanie działań mających na celu zapobieganie inwazji organizmów szkodliwych albo podejmowanie określonych decyzji w przypadku ich stwierdzenia w elewatorze, magazynie lub zakładzie przetwórczym.

W rozdz. 1 **„Wprowadzenie do II Wydania”** zestawiono internetowe źródła informacji pomocne przy identyfikacji organizmów szkodliwych oraz wyjaśniono zasady zgrupowania 16 rozdziałów książki w pięć grup tematycznych.

Część I **„Podstawy zwalczania szkodliwych owadów”** zawiera siedem rozdziałów, z których wynika, że tylko 1) dobrze przeszkolony personel, 2) wyposażony w odpowiednie środki oraz 3) stosujący system integrowanego zwalczania szkodników zapewni właściwy poziom ochrony towarów przed szkodnikami.

W rozdz. 2 **„Strategie integrowanego zwalczania organizmów szkodliwych dla przemysłu spożywczego”** (s. 7–10) D.L. Faustini omówił zasady integrowanego zwalczania szkodników wykorzystujące różne strategie zwalczania m.in. zabiegi profilaktyczne, urządzenia pułapkowe, odpowiednie opakowania itp.

W rozdz. 3 **„Rola specjalistów w ochronie produktów spożywczych przed organizmami szkodliwymi”** (s. 11–18) J. Bruesch i L. Mason podkreślili, że personel zakładów zbożowo-mącznych musi być odpowiednio przeszkolony w zakresie metod ochrony produktów i pomieszczeń, wyposażony w odpowiedni sprzęt i środki ochrony oraz przekonany o celowości i zasadności stosowania kompleksowych zabiegów ochronnych.

W rozdz. 4 **„Techniki wykrywania szkodników”** (s. 19–23) A.J. Cyr omówił instrukcje i procedury inspekcji magazynów zalecane przez Ministerstwo Rolnictwa USA stosowane przy urzędowym wykrywaniu obecności szkodników produktów spożywczych, np. trojszyka *Tribolium castaneum*.

W rozdz. 5 **„Sprzęt ułatwiający wykrywanie i zwalczanie szkodników”** (s. 25–33) T. Osterberg omówił urządzenia i sprzęt przydatny lub ułatwiający personelowi kontrolującemu przeprowadzenie inspekcji.

W rozdz. 6 **„Opakowania odporne ma przenikanie owadów”** (s. 35–38) M.A. Mullen i S.V. Mowery podali wiele przydatnych informacji na temat opakowań odpornych na przenikanie owadów. Szczególnie ważne są tu informacje o metodach i sposobach testowania odporności opakowań na przenikanie szkodników, gdyż stosując odpowiednie opakowania można znacznie ograniczyć lub całkowicie zapobiegać występowaniu szkodników w magazynach.

W rozdz. 7 **„Zwyczaje i zachowanie się owadów szkodników magazynowanych produktów”** (s. 39–51) J.F. Campbell wskazał na konieczność poznania zachowania się i zwyczajów poszczególnych grup lub gatunków szkodników, aby wyniki inspekcji towarów na ich obecność były wiarygodne oraz aby zastosowane metody zwalczania przyniosły spodziewaną redukcję liczebności lub całkowite wyniszczenie szkodników.

Część II **„Zmiany środowiska oraz niechemiczne metody zwalczania”** (s. 53–164) obejmuje pięć rozdziałów, w których przedstawiono metody pozwalające zapobiegać, ograniczać lub całkowicie eliminować szkodniki stosując kompleks właściwie dobranych długoterminowo stosowanych zabiegów profilaktycznych.

W rozdz. 8 **„Pułapki świetlne”** (s. 55–66) J.E. Harris opisał zasady działania pułapek świetlnych z lampami fluoroscencyjnymi i ultrafioletowymi (tzw. black light lamps) przedstawionymi na wielu rysunkach oraz fotografiach. W kilku tabelach przedstawiono obszerne wykazy gatunków owadów reagujących na różne rodzaje światła. Omówiono tu także przepisy i certyfikaty bezpieczeństwa, jakie muszą spełniać tzw. trzy systemowe pułapki świetlne.

W rozdz. 9 **„Biologiczne zwalczanie szkodników w magazynach”** (s. 67–87) M. Schoeller, P.W. Flinn, M.J. Greshop i E. Żdarkova szczegółowo przedstawili obecnie stosowane lub dopiero opracowywane biologiczne metody zwalczania szkodników wykorzystujące owadobójcze mikroorganizmy oraz drapieżne i pasożytnicze owady przeciw szkodliwym stawonogom występujących w elewatorach, młynach, piekarniach, a nawet w sklepach spożywczych. Szczególnie szeroko zostało omówio-

ne wykorzystanie pasożytniczej błonkówki – kruszynka (*Trichogramma evanescens*) lub drapieżnego roztocza *Blattisocius tarsalis* w zwalczaniu mklików *Ephestia kuehniella*, *E. elutella* i *Cadra cautella*. Rozdział ten zawiera wiele interesujących informacji o możliwościach biologicznego zwalczania szkodników magazynowanych produktów spożywczych.

W rozdz. 10 **„Modyfikacje temperatury celem zwalczania szkodliwych owadów"** O. Dosland i in. (s. 89–103) podkreślają, że zabiegi z wykorzystaniem wysokiej temperatury zapewniają skuteczną alternatywę dla zabiegów gazowania w zwalczaniu owadów szkodliwych w zakładach przetwarzających żywność lub w magazynach. Przedstawiają wyniki z wykorzystaniem wysokiej temperatury w: 1) magazynach ze słodem oraz 2) w pilotowej wytwórni paszy Uniwersytetu Stanu Kansas.

W rozdz. 11 **„Modyfikowanie atmosfery w magazynach celem ochrony przechowywanych produktów przed owadami i roztoczami"** (s. 105–145) S. Navarro bardzo obszernie omówił naukowe, techniczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania atmosfery ze zwiększoną zawartością dwutlenku węgla oraz azotu w ochronie produktów spożywczych i ziarna przed szkodliwymi owadami i roztoczami.

W rozdz. 12 **„Promieniowanie"** (s. 147–172) M. Maricotte omówił: 1) wpływ promieniowania gamma na żywotność owadów i roztoczy; 2) wymagane urządzenia i pomieszczenia przy wykorzystaniu promieniowania gamma w zwalczania szkodników.

W rozdz. 13 **„Feromony w ochronie przechowywanych produktów"** (s. 153–164) D.K. Mueller i A. van Ryckegham omówili rodzaje i konstrukcję dostępnych pułapek oraz feromony przydatne w wykrywaniu i zwalczaniu szkodników środków spożywczych oraz towarów włókienniczych.

Część III **„Chemiczne zwalczanie"** (s. 165–198) zawiera cztery rozdziały omawiające strategie i metody zwalczania oraz wyniszczania szkodników w magazynach, młynach i przechowalniach.

W rozdz. 14 **„Chemiczne zwalczanie owadów przy zastosowaniu pozostałościowych insektycydow"** (s. 167–173) F.H. Arthur i P.S. Peckman omawiają wykorzystanie prawidłowo dobranych rodzajów chemicznych insektycydów do opryskiwania ścian, sufitów i podłóg w magazynach. W określonych sytuacjach takie zabiegi sa dopuszczalne w USA z uwzględnieniem bezpieczeństwa oraz opłacalności.

W rozdz. 15 **„Zabiegi insektycydami wewnątrz pomieszczeń w zakładach przetwórczych"** (s. 175–182) P.S. Peckman i F.H. Arthur omówili technikę oraz warunki wykonywania zabiegów wewnątrz pomieszczeń przetwórczych zakładów rolno-spożywczych. W USA dopuszcza się wewnątrz pomieszczeń zabiegi opryskiwania lub zamgławiania z wykorzystaniem dichlorfosu, pyretryn, pyretroidów, regulatorów wzrostu owadów, hydroprenu, metoprenu oraz pyriproksyfenu z zachowaniem bezpieczeństwa dla personelu.

W rozdz. 16 **„Towary oraz ich gazowanie w przemyśle spożywczym"** (s. 183–198) V. Walter podkreśla, że gazowanie jest najbardziej skutecznym sposobem zwalczania szkodników, ale powinno być stosowane tylko w sytuacjach, gdy inne metody są

nieskuteczne, ponieważ gazowanie bromkiem metylu ma szereg niekorzystnych następstw, ale przestrzeganie określonych zasad minimalizuje zagrożenia. W kilku tabelach porównano cztery preparaty stosowane w USA m.in. bromek metylu i fluorowodorek sulfurylu. Omówiono tu także kierunki rozwoju metody gazowania.

Część IV. **„Bezpieczeństwo i zdrowie środowiskowe”** (s. 199–222) zawiera rozdz. 17 pt. **„Insektycydy a zdrowie osób zatrudnionych w przemyśle spożywczym**” (s. 201–207), w którym G.W. Olmstead w formie opisowej oraz w kilku tabelach przedstawił zagrożenia wynikajace ze stosowania pestycydów wraz ze sposobami zachowania bezpieczeństwa i higieny pracy.

Część V. **„Streszczenie”** zawiera bardzo ciekawy rozdz. 18 **„Nauka i technologia zwalczania szkodników po zbiorach: wyzwania, osiągnięcia i przyszłe kierunki rozwoju”** (s. 211–222), w którym T.W. Phillips podsumował wszystkie rozdziały i przedstawił przewidywania dotyczące rozwoju metod i technologii zwalczania szkodników magazynowanych produktów.

Książkę tę polecam specjalistom ochrony roślin, technologom żywności oraz przemysłu zbożowo-mącznego, gdyż znajdą w niej wiele przydatnych informacji ogólnych oraz wskazówek technicznych i praktycznych. Z powyższych względów powinna ona być w każdej bibliotece rolniczej

Jerzy J. Lipa
Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu