

Środowiskowe i zdrowotne znaczenie ekologicznej produkcji owoców

*Lidia Sas Paszt¹, Eligio Malusd², Zygmunt Grzyb¹, Elżbieta Rozpara¹,
Paweł Wawrzyńczak¹, Krzysztof P. Rutkowski¹, Krzysztof Zmarlicki,
Barbara Michalczuk¹, Bożena Podlaska, Dariusz Nowak²*

¹Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, ul. Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice

*²Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Zakład Fizjologii Klinicznej,
ul. Mazowiecka 6/8 92-215 Łódź,*

*³Agricultural Research Council - Center for Study of Plant-Soil System,
V. Pianezza, 115 - 10151 Turin, Italy
email: Lidia.Sas@insad.pl*

Słowa kluczowe: biostymulatory, bionawozy, mikoryza, bakterie ryzosferowe, składniki prozdrowotne

Wstęp

W ostatnich latach w Polsce i na świecie podejmuje się działania związane ze strategią zrównoważonego rozwoju rolnictwa, w tym także sadownictwa, której celem jest uzyskiwanie wysokiej jakości plonów, przy zachowaniu równowagi biologicznej ekosystemów. Regulacje prawne dotyczące zasad produkcji ekologicznej na szczeblu UE zawarte były w Rozporządzeniu Rady Nr 2092/91. Rozporządzenie to wprowadziło jednolity europejski system kontroli, zasady oraz produkty dozwolone w produkcji ekologicznej, które wcześniej oparte były na dobrowolnych standardach IFOAM (International Fédération of Organic Agriculture Movements). Przepisy te zostały ostatnio zastąpione Rozporządzeniem Rady Nr 847/2007 oraz Rozporządzeniem Rady Nr 889/2008, które zaczęły obowiązywać od 1 stycznia 2009 r.

Badania nad rozwojem technik ekologicznej uprawy roślin sadowniczych prowadzone są pod kątem agrotechnicznych aspektów produkcji ekologicznej [50], hodowli nowych odmian, lepiej dostosowanych do warunków środowiska i o podwyższonej odporności na niekorzystne czynniki środowiska [19], wykorzystania płodozmianu w celu ograniczenia występowania organizmów patogenicznych w glebie, ściółkowania gleby [20], zwiększenia aktywności procesów zachodzących w ryzosferze, włączając korzystne oddziaływanie symbiotycznych grzybów mikoryzowych i bak-

terii ryzosferowych [56, 65,66] oraz stosowania środków ochrony roślin pochodzenia naturalnego w celu ochrony roślin przed patogenami [2,23] i szkodnikami [22,34].

Bardzo ważnym aspektem w rolnictwie ekologicznym jest utrzymanie gleby w kulturze oraz sposób nawożenia roślin. W konwencjonalnej produkcji owoców powszechnie stosuje się nawozy mineralne. W sadach ekologicznych dopuszczalne jest stosowanie naturalnych nawozów oraz środków poprawiających właściwości gleby. Są to preparaty pochodzenia nieorganicznego lub organicznego przyjazne dla ludzi i środowiska. Na rynku europejskim występują nawozy organiczne i środki poprawiające właściwości gleby produkowane na bazie naturalnych ekstraktów z roślin lądowych i wodnych oraz kompostów. Biopreparaty obejmujące ekstrakty z roślin zawierające pożyteczne mikroorganizmy glebowe są także stosowane do zwalczania chorób i szkodników.

Jednakże w Polsce niewiele jest nawozów pochodzenia naturalnego i substancji ochronnych wzbogaconych mikrobiologicznie, odpowiednich dla ekologicznej uprawy i nawożenia roślin sadowniczych. Przegląd tego typu produktów, ich wpływ na wzrost roślin i jakość owoców są przedmiotem niniejszego artykułu.

Charakterystyka biopreparatów

Biopreparaty zawierają jeden lub kilka biologicznie aktywnych związków organicznych (aminokwasy, witaminy, enzymy, hormony roślinne), jak również makro- i żnkielementy [72]. Dotychczasowe badania nad wpływem biopreparatów na wzrost i plonowanie roślin sadowniczych prowadzono głównie na drzewach owocowych [7] i w mniejszym stopniu, na roślinach jagodowych [45, 52]. Pomimo że badania nad stosowaniem substancji wzrostowych i innych regulatorów wzrostu prowadzone są na świecie i w Polsce od kilkadziesiąt lat, nieznanym jest w pełni wpływ biopreparatów na przebieg procesów fizjologicznych.

Odrębną grupę środków stanowią biopreparaty wyprodukowane z wykorzystaniem żywych mikroorganizmów [31, 34, 75]. Są to produkty zawierające różne rodzaje bakterii i grzybów, a w szczególności grzybów mikoryzowych, które stymulują wzrost i plonowanie roślin. W tej grupie produktów znajdują się także nieliczne preparaty mikrobiologiczne będące szczepionkami zawierającymi żywe mikroorganizmy pasożytnicze, drapieżne lub antagonistyczne w stosunku do patogenów roślinnych [46, 78]. Jednakże dotychczas stosowane w rolnictwie ekologicznym w Polsce środki ochrony oparte są głównie na bazie olejów parafinowych oraz na wyciągach roślinnych. Istnieje więc potrzeba opracowania skutecznych środków ochrony roślin pochodzenia naturalnego do ochrony roślin sadowniczych w uprawach ekologicznych.

Badania ryzosfery roślin sadowniczych

Dla prawidłowego rozwoju roślin we wszystkich zbiorowiskach naturalnych, jak również w sadach i uprawach roślin jagodowych, ważny jest prawidłowy rozwój systemu korzeniowego oraz aktywność procesów zachodzących w ryzosferze, włącznie z korzystnym działaniem symbiotycznych grzybów mikoryzowych i bakterii ryzosferowych [55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66]. Arbuskularne grzyby mikoryzowe są ważnym komponentem ryzosfery roślin sadowniczych. Grzybnia mikoryzowa zwiększa powierzchnię chłonną korzeni i dostępność fosforu dla roślin [11, 31]. Bakterie ryzosferowe (PGPR) i symbiotyczne grzyby mikoryzowe wspomagają wzrost i rozwój roślin [75]. Bakterie ryzosferowe często działają synergistycznie z grzybami mikoryzowymi jako bioprotektanty przeciwko patogenom roślinnym [74] lub produkują związki stymulujące wzrost roślin (witaminy, hormony roślinne) [6, 30].

Populacja symbiotycznych mikroorganizmów glebowych, w tym grzybów mikoryzowych, zmniejsza się na skutek stosowania zabiegów agrotechnicznych tj. intensywne nawożenie mineralne NPK, które ogranicza korzystne działanie pożytecznej mikroflory gleby [31, 67]. Aktywność symbiotycznych mikroorganizmów w ryzosferze jest czynnikiem warunkującym wzrost roślin oraz ich odporność na patogeny [4, 67]. Z tego powodu inokulacja roślin symbiotycznymi mikroorganizmami glebowymi jest coraz powszechniej stosowana w rolnictwie ekologicznym, a także w integrowanej i konwencjonalnej uprawie roślin.

Badania procesów zachodzących w ryzosferze roślin sadowniczych mają istotne znaczenie i obejmują doświadczenia nad określeniem roli naturalnych komponentów biosfery gleby (bakterii i grzybów mikoryzowych) w odżywianiu roślin, ich wzroście i plonowaniu. W tym celu izolowane, identyfikowane i aplikowane są szczepy grzybów mikoryzowych i bakterii o najlepszych właściwościach uprawowych m.in.:

- stymulujących wzrost i plonowanie roślin,
- wspomagających pobieranie związków mineralnych i wody przez rośliny,
- zwiększających odporność roślin na stresy środowiskowe m.in. o działaniu antagonistycznym w stosunku do patogenów glebowych (tzw. biopestycydy).

Z powodu korzystnych oddziaływań pożytecznych mikroorganizmów na wzrost i plonowanie roślin mikoryzacja jest w coraz większym stopniu praktycznie stosowana w nowoczesnej uprawie roślin [42]. Zwiększenie efektywności pobierania i przyswajania składników odżywczych z biostymulatorów wzbogaconych mikrobiologicznie przyczyni się do ograniczenia stosowania nawozów mineralnych i innych środków produkcji roślin. Ponadto, zanieczyszczenia gleby wiązane są w strefie ryzosfery i w tej części ulegają rizodegradacji przy udziale mikroorganizmów glebowych.

Poznanie bio-fizyko-chemicznych procesów zachodzących w ryzosferze oraz roli symbiotycznych mikroorganizmów, mających największy wpływ na dostępność i pobieranie składników odżywczych przyczyni się do rozwoju ekologicznych metod

L. Sas Paszt i in.

uprawy roślin sadowniczych. W celu lepszego zrozumienia mechanizmu działania mikroorganizmów rizosferowych niezbędna jest ich identyfikacja oraz ocena efektywności ich działania. Identyfikację mikroorganizmów oraz ocenę aktywności mikrobiologicznej gleby prowadzi się w celu określenia bioróżnorodności mikroorganizmów glebowych oraz wpływu warunków środowiska i działalności człowieka na wielkość ich populacji w glebie. Do identyfikacji bakterii i grzybów mikoryzowych wykorzystywane są konwencjonalne techniki mikroskopowe oraz techniki biologii molekularnej oparte na analizie DNA, który stanowi stabilny składnik genomu każdego organizmu i jest niezależny od warunków środowiska [35, 38]. Analiza RNA pozwala ocenić aktywność mikrobiologiczną gleby [16]. Techniki stosowane do identyfikacji szczepów bakterii i grzybów mikoryzowych wykorzystują zróżnicowanie mikroorganizmów w obrębie rybosomalnego DNA (rDNA), składającego się z konserwatywnych domen przedzielonych zmiennymi regionami [3, 35, 38, 39]. W ostatnich latach stosuje się technikę PCR w czasie rzeczywistym, która pozwala zidentyfikować mikroorganizmy oraz określić ilościowo matrycę DNA testowanego genotypu [18].

Stosowanie biopreparatów w uprawach polowych

Właściwe stosowanie środków ochrony roślin i nawozów w ekologicznej produkcji roślin jest jednym z kluczowych elementów skuteczności ich działania [27, 29]. Wymogi ochrony środowiska naturalnego i zdrowia człowieka ukierunkowują produkcję rolniczą na produkcję metodami ekologicznymi. Prowadzi to do coraz szerszego stosowania omawianych w tej pracy bionawozów, środków ochrony roślin i ulepszczy glebowych. Nowe rodzaje preparatów wymagają jednak opracowania nowych środków technicznych i zasad ich stosowania, pozwalających na skuteczną ich aplikację w warunkach produkcji towarowej [25]. Bardzo ważnym aspektem jest rozwój nowych metod aplikacji biopreparatów m.in. zapewnienie odpowiednich parametrów ich stosowania, tak by nie zmniejszyć populacji/efektywności działania żywych mikroorganizmów obecnych w biopreparatach (bakterie, grzyby mikoryzowe).

Nowe preparaty pochodzenia organicznego stosowane w rolnictwie ekologicznym w znacznym stopniu różnią się właściwościami fizycznymi od syntetycznych środków chemicznych, używanych w rolnictwie konwencjonalnym. Poważny problem techniczny stanowi precyzyjne rozkładanie preparatów z grupy substratów organicznych [37, 44]. Nowoczesne opryskiwacze i rozsiewacze nawozów z automatyką regulacji parametrów roboczych (komputery pokładowe) umożliwiają odpowiednią aplikację preparatów do produkcji ekologicznej [26, 28]. W celu ulepszenia rozwiązań technicznych adaptowane są parametry pracy rozrzutników obornika i aplikatorów preparatów doglebowych [15].

Ekologiczne metody nawożenia w szkółkach i sadach

Młode rośliny w szkółce ekologicznej będące na etapie podkładek przeznaczonych do okulizacji, czy okulantów wybranych odmian roślin sadowniczych często cierpią na niedostatek składników mineralnych, niezbędnych do ich normalnego wzrostu i rozwoju. Objawia się to przeważnie zielonożółtym kolorem liści lub słabym przyrostem pędów. Niedożywione podkładowki słabo zrastają się z założonymi na nie oczkami szlachetnych odmian drzew owocowych, a wyrastające z nich okulanty przeważnie nie osiągają wymaganych dla nich rozmiarów. Nieprawidłowo odżywione rośliny w szkółce ekologicznej są znacznie mniejsze od tych, jakie uzyskuje się w szkółkach konwencjonalnych, gdzie jest dozwolone stosowanie nawozów mineralnych. W tym przypadku możliwe jest tylko nawożenie roślin preparatami organicznymi, których skład i sposób aplikacji w szkółce nie jest jeszcze dostatecznie opracowany, uwzględniając wymagania pokarmowe roślin.

Inokulacja korzeni roślin uprawnych symbiotycznymi mikroorganizmami sprzyja lepszemu rozwojowi roślin, szczególnie we wczesnych stadiach ich rozwoju [21, 41] i jest skuteczna przy niskim poziomie nawożenia fosforem [74, 75, 78]. W przypadku roślin rozmnażanych *in vitro* technika ta poprawia aklimatyzację roślin w szklarni oraz stymuluje rozwój i produktywność roślin po ich wysadzeniu w polu [40].

Młode drzewka w dwóch pierwszych latach wzrostu w sadzie ekologicznym mogą rosnąć i rozwijać się prawidłowo. Problem z odżywianiem tych drzewek zaczyna się z chwilą ich wejścia w okres owocowania. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że u drzew owocujących rosnących w takim obiekcie z roku na rok w coraz większym stopniu może występować deficyt składników mineralnych. Odbija się to niekorzystnie na jakości plonów i szybkim procesie starzenia się drzew. Stosowanie omawianych w niniejszej pracy bioproduktów może temu zapobiec. Na przykład dolistna aplikacja wyciągów z różnych roślin czy doglebowe stosowanie związków próchnicznych są zabiegami poprawiającymi stan odżywienia roślin [43, 57].

Wpływ ekologicznych metod uprawy na prozdrowotne właściwości owoców i zdrowie człowieka

Poza istotnym wpływem biopreparatów na wzrost i zdrowotność roślin, bardzo ważnym aspektem badań jest ocena wpływu biopreparatów na jakość i trwałość przechowalniczą owoców. Pamiętać przy tym należy, że jakość owoców zależy w dużym stopniu od cech gatunkowych i odmianowych. Nie mniej jednak duży wpływ na kształtowanie tych cech wywiera zarówno przebieg warunków pogodowych podczas sezonu wegetacyjnego jak i prowadzone w sadzie zabiegi agrotechniczne [36, 53, 54]. W badaniach stwierdzono również wpływ stosowanych fungicydów (przeciwko chorobom przechowalniczym) na jakość jabłek [10]. Ponadto

technologia uprawy roślin (ekologiczna czy konwencjonalna) może wpływać na kształtowanie jakości owoców, m.in. na różnice w składzie i ilości cukrów lub kwasów organicznych [8,44, 72]. Jednakże jabłka pochodzące z różnych technologii uprawy mogą nie wykazywać różnic w jakości sensorycznej [51]. Biorąc pod uwagę bezpieczeństwo spożycia owoców należy stwierdzić, że w zależności od rodzaju fungicydu i terminu jego stosowania pozostałości substancji czynnej w owocach podczas przechowywania mogą się zmniejszać lub pozostawać na niezmiennym poziomie [48]. Preparaty te mogą również wpływać na termin dojrzewania jabłek oraz ich podatność na występowanie chorób fizjologicznych podczas ich przechowywania [33]. Technologia uprawy roślin sadowniczych może mieć także wpływ na termin dojrzewania owoców. Soria i in. wykazali, że owoce z uprawy ekologicznej dojrzewały później, niż te z uprawy konwencjonalnej [69].

Istotnym elementem wysokiej jakości owoców w produkcji ekologicznej jest hodowla odmian, charakteryzujących się mniejszą podatnością lub wręcz odpornością na choroby grzybowe. W przypadku jabłek na rynku dostępne są często odmiany parchoodporne charakteryzujące się dobrym smakiem i dużą przydatnością do długotrwałego przechowywania [19, 36].

Obecnie wzrasta zainteresowanie konsumentów właściwościami prozdrowotnymi owoców, w tym zawartością związków polifenolowych i witaminy C. Badania jakości owoców wyprodukowanych metodami ekologicznymi nie dały jednoznacznych wyników. Coraz częściej wskazuje się na wyższy poziom zawartości polifenoli i witaminy C w owocach pochodzących z upraw ekologicznych [8, 24]. Tarozzi i in. [72] wskazują na wyższą zawartość witaminy C i kwasu chlorogenowego w truskawkach z uprawy ekologicznej niż z uprawy konwencjonalnej, a z drugiej strony na wyższą zawartość flawonoidów w owocach z uprawy konwencjonalnej. Autorzy ci i inni [5] wskazują na brak różnic pomiędzy aktywnością antyoksydacyjną owoców z obu ocenianych technologii uprawy. Konieczne jest dokładniejsze poznanie mechanizmów wpływających na akumulację prozdrowotnych składników w owocach i ich trwałość podczas przechowywania. Niezbędnym jest także poszerzenie możliwości badawczych i wiedzy na temat wpływu technologii uprawy na charakterystykę związków prozdrowotnych w owocach.

Ważne miejsce w kontekście walorów prozdrowotnych owoców zajmuje ocena wpływu diety bogatej w owoce na zdrowie konsumentów. Dieta bogata w świeże warzywa i owoce wykazuje korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Może ona działać przeciwmiażdżycowo, hamować nadmierną produkcję aktywnych form tlenu w organizmie (może spowalniać kancerogenezę) i opóźniać procesy starzenia się komórek [79].

Jedną z grup związków biologicznie czynnych (obok witamin) odpowiedzialnych za te procesy są polifenole roślinne i ich metabolity. W badaniach na zwierzętach wykazują one działanie antyoksydacyjne i przeciwnowotworowe. W ostatnio przeprowadzonych badaniach klinicznych wykazano, że po zjedzeniu jagód zaobser-

wowano zmiany stężenia cholesterolu frakcji LDL i HDL oraz funkcji płytek krwi, korzystne z punktu widzenia zapobiegania rozwojowi miażdżycy i chorób układu krążenia [17]. Podobne zależności uzyskano po spożyciu świeżych pomidorów lub soku pomidorowego, co zwiększało całkowitą zdolność antyoksydacyjną polifenoli w osoczu krwi [67]. U osób spożywających owoce i warzywa wyprodukowane metodami ekologicznymi zaobserwowano znaczący wzrost ogólnej zdolności przeciwutleniającej osocza krwi, w porównaniu z osoczem osób stosujących dietę konwencjonalną [14].

Z drugiej strony, w szeregu kontrolowanych badaniach klinicznych (czy to z powodu zbyt małej dawki owoców, zbyt krótkiego czasu podawania lub błędów metodycznych, tj. mała grupa badanych osób, mała czułość stosowanych metod pomiarowych) nie zaobserwowano wyraźnego działania antyoksydacyjnego wyrażającego się wzrostem aktywności antyoksydacyjnej osocza po spożyciu różnych owoców bogatych w polifenole [13].

Polska jest wiodącym producentem jabłek, truskawek i wiśni. Owoce te charakteryzują się wysoką zawartością polifenoli [51, 77], znacznie wyższą niż owoce kiwi, arbuza, melona i cytrusów, których spożywanie wykazywało działanie przeciwmiażdżycowe i antyoksydacyjne [1,9, 49]. Wśród konsumentów w Polsce istnieje przekonanie, że owoce produkowane konwencjonalnie są zanieczyszczone różnymi środkami chemicznymi. Dlatego też przed spożyciem obierają owoce ze skórki, sparzają je lub nadmiernie płuczają, co powoduje utratę lub modyfikację polifenoli. Owoce z produkcji ekologicznej mogłyby więc dostarczyć większe ilości związków prozdrowotnych.

Ekonomiczne aspekty ekologicznej produkcji owoców

Poza korzystnym wpływem ekologicznej produkcji na środowisko, jakość i wartości prozdrowotne owoców nie mniej istotnym elementem jest opłacalność ekonomiczna tego typu produkcji.

Wśród konsumentów wzrasta popyt na owoce pochodzące z produkcji ekologicznej. Z tych powodów w ostatnich latach w Europie dynamicznie zwiększa się powierzchnia upraw ekologicznych [12]. Wprowadzenie w Polsce pomocy finansowej w 1999 r. i uregulowań prawnych w 2001 roku, stworzyło warunki do szybkiego wzrostu liczby gospodarstw ekologicznych. Średnia wielkość gospodarstwa ekologicznego wynosi obecnie ponad 20 ha. W 2004 r. liczba producentów rolnych w Polsce prowadzących produkcję metodami ekologicznymi wynosiła 3760, a w latach 2004-2008 odnotowano blisko czterokrotny ich wzrost. W roku 2008 liczba gospodarstw ekologicznych stanowiła 15206, o ogólnej powierzchni około 170 tys. ha. W uprawach ekologicznych Polska zajmuje 25 miejsce na świecie, 12 w Europie i 11 w Unii Europejskiej. W najbliższych latach przewidywany jest dalszy

rozwój rolnictwa ekologicznego w Polsce do 20000 gospodarstw w roku 2013, o łącznej powierzchni 600 tys. ha.

W porównaniu z krajami „starej UE” w Polsce mały jest udział gospodarstw ekologicznych, specjalizujących się w produkcji owoców i warzyw. Obecnie największy odsetek sadów prowadzonych metodami ekologicznymi występuje w Litwie 13,3%, w Austrii 12,6%, we Włoszech 8,3% i w Niemczech 7,6% (ogółem 27 tys. ha). W Polsce procent ten stanowi około 2,1% i obejmuje powierzchnię około 6500 ha sadów i plantacji roślin jagodowych.

Pomimo wzrostu znaczenia produkcji ekologicznej owoców, w literaturze naukowej nie ma zbyt wielu publikacji na temat kosztów i opłacalności produkcji metodami ekologicznymi. Na podstawie dotychczasowych doniesień można wnioskować, że koszty te są bardzo zróżnicowane, przede wszystkim w zależności od rodzaju stosowanej technologii, warunków glebowych, a także pogodowych lub klimatycznych. Koszty upraw ekologicznych są trudniejsze do oszacowania, niż koszty upraw standardowych. Różnice w kosztach zwalczania chwastów mogą być kilkukrotne, w zależności od tego czy stosowano zwalczanie mechaniczne, wypalanie, czy też ściółki syntetyczne [71]. Według niektórych autorów, koszty produkcji metodami ekologicznymi nie są niższe, niż produkcji konwencjonalnej, zarówno w odniesieniu do jednostki powierzchni jak i kosztów jednostkowych wyprodukowanych owoców [76]. Produkcja ekologiczna jest bardzo pracochłonna, wymaga znacznych nakładów pracy ludzkiej [70]. Dlatego w przypadku owoców pestkowych koszty te mogą być nawet o 25% wyższe. W tym aspekcie Polska ma przewagę w postaci niższych kosztów pracy, co może być naszą szansą w produkcji i eksporcie owoców ekologicznych do pozostałych krajów UE. Z drugiej strony, należy wziąć pod uwagę, że w ciągu ostatnich lat koszty środków do produkcji konwencjonalnej wzrosły średnio o około 25%. Przyczyną wzrostu cen tych nakładów technicznych są z kolei rosnące ceny surowców do ich produkcji oraz rosnące koszty transportu. Koszty nakładów dopuszczalnych w rolnictwie ekologicznym są czasami niższe, co zwiększa zysk związany z tą metodą uprawy.

Możliwości rozwoju sektora produkcji ekologicznej zależą od zapotrzebowania rynku na środki do produkcji ekologicznej. W Unii Europejskiej rolnictwo ekologiczne stanowi około 2% całkowitej wartości produkcji rolnej, a udział produktów ekologicznych na rynku europejskim stanowi około 15 miliardów Euro [47]. Instytut Badań i Rozwoju Zdrowych Stylów Życia oblicza wielkość rynku ekożywności w Polsce na 300-600 mln zł. W 2004 r. przeciętny Polak wydał na żywność ekologiczną 4 eurocenty, a w 2006 r. 1,3 Euro. Prognozy przewidują, że w 2010 r. przeciętny Polak kupi żywność ekologiczną za 2,5 Euro.

Wnioski

W praktyce sadowniczej można zauważyć tendencję zwiększonego zainteresowania ekologicznymi metodami produkcji owoców. Istnieje ku temu wiele powodów, wśród których wymienić można: obawy konsumentów o pozostałości szkodliwych substancji w owocach, obecne trendy w ustawodawstwie i zmniejszanie liczby dopuszczonych do użytku pestycydów, pojawianie się nowych odpornych ras szkodników oraz niszczenie pożytecznej fauny, w tym owadów zapylających oraz wzrost świadomości o wpływie konsumpcji owoców na zdrowie. Pozostało jednak jeszcze kilka technicznych aspektów, które nadal wymagają zbadania, aby móc zoptymalizować naturalne metody produkcji owoców, a w szczególności:

- opracowanie bioproduktów do odżywiania roślin i ich ochrony, z wykorzystaniem korzystnych interakcji pomiędzy roślinami a mikroorganizmami glebowymi zawartymi w tych produktach;
- optymalizacja zabiegów agrotechnicznych, które mogą zwiększyć produkcję i dochód z produkcji szkółkarskiej;
- opracowanie nowych maszyn, które mogłyby zwiększyć skuteczność środków technicznych stosowanych w rolnictwie ekologicznym;
- powiązanie konsumpcji owoców wyprodukowanych metodami ekologicznymi z ich jakością oraz wartościami prozdrowotnymi.

Ten kierunek badań został uwzględniony w projekcie „Innowacyjne produkty i metody dla ekologicznej uprawy roślin sadowniczych” (Akronim EkoTechProdukt), realizowanym przez Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach oraz Uniwersytet Medyczny w Łodzi, wraz z innymi jednostkami badawczymi w Polsce (www.insad.pl/EkoTechProdukt.html). (Źródłem finansowania Projektu EkoTechProdukt jest Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego - Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, kontrakt nr UDA-POIG.01.03.01-10-109/08-00.)

Literatura

- [1] Aaby K., Ekeberg D., Skrede G. 2007. Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria * ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. *J Agric. Food Chem.* 55: 4395-4406.
- [2] Abanda-Nkpawt D., Grimm U., Schreiber L., Schwab W. 2006. Dual antagonism of aldehydes and epiphytic bacteria from strawberry leaf surfaces against the pathogenic fungus *Botrytis cinerea* in vitro. *BioControl* 51: 279-291.
- [3] Anderson I.C., Caimey J.W. 2004. Diversity and ecology of soil fungal communities: increased understanding through the application of molecular techniques. *Envir. Microb.* 6: 769-779.
- [4] Azcón-Aguilar C., Barea J.M. 1992. Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. W: Allen M.J. (red.) Mycorrhizal functioning. An integrative plant-fungal process. Routledge, Chapman & Hall Inc., New York: 163-198.
- [5] Baiamonte I., Raffo A., Nardo., Bonoli M., Baruzzi G., Faedi W., Paoletti F. 2008. Anthocyanins content in strawberries from organic and integrated agriculture. Cultivate the Future. Book of Abstracts 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, 16-20 June 2008: 79.

- [6] Barea J.M. 1997. Mycorrhiza/bacteria interactions on plant growth promotion. W: Ogoshi A., Kobayashi L., Homma Y., Kodama F., Kondon N., Akino S. (eds) Plant growth-promoting rhizobacteria, present status and future prospects. OECD, Paris: 150-158.
- [7] Basak A., Mikos-Bielak M. 2004. Owocowanie jabłoni i grusz po zastosowaniu kilku biostymulatorów. "Doskonalenie metod produkcji owoców zgodnie z wymogami Unii Europejskiej". XLIII Ogólnopol. Nauk. Konf. Sad., ISK, Skierniewice, 1-3 września 2004: 165-166.
- [8] Bertazza G., Bignami C., Cristoferi G. 2008. Fruit composition and quality of apple, apricot and pear cultivars organically and conventionally grown in Veneto region (Northern Italy). Cultivate the Future. Book of Abstracts 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, 16-20 June 2008: 80.
- [9] Briviba K, Stracke B.A., Rufer C.E., Watzl B., Weibel F.P., Bub A. 2007. Effect of consumption of organically and conventionally produced apples on antioxidant activity and DNA damage in humans. *J. Agric. Food Chem.* 55: 7716-7721.
- Bryk H., Rutkowski K. 2003. Wstępne badania nad wpływem fungicydów stosowanych przeciwko chorobom przechowalnictwem na jakość jablek. Mat. Ogólnopolska Naukowa Konferencja Ochrony Roślin Sadowniczych, 26-27 lutego 2003, Skierniewice: 64-68.
- Cox G., Tinker B.B. 1976. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas I. The arbuscule and phosphorus transfer: quantitative ultrastructural study. *New Phytologist* 11: 371-378.
- Dabbert S. 2000. Anforderungen des ökologischen Landbaus an die Agrarökologie: Hinweise für die gartenbauliche Forschung. W: Zander K, Waibel H. (Hrsg.). Ökologischer Gartenbau. Arbeitsberichte zur Ökonomie im Gartenbau 83, Hannover: 2-9.
- DeGraft-Johnson J., Kołodziejczyk K., Kroj M., Nowak P., Kroj B., Nowak D. 2007. Ferric-reducing ability power of selected plant polyphenols and their metabolites: implications for clinical studies on the antioxidant effects of fruits and vegetable consumption. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 100(5): 345-352.
- Di Renzo L., Di Pierro D., Bigioni M., Sodi V., Galvano F., Cianci F., La Fauci L., De Lorenzo A. 2007. Is antioxidant plasma status in humans a consequence of the antioxidant food content influence? *Eur. Rev. for Med. and Pharm. Sei.* 11: 185-192.
- Doruchowski G, Hołownicki R. 2003. Przyczyny i zapobieganie skażeniom wód i gleby wynikających ze stosowania środków ochrony roślin. *Zeszyty IMUZ* 9: 96—115.
- Duarte G.F., Rosado A.S., Seidin L., Kejizer-Wolters A.C., Elsas J.D. 1998. Extraction of ribosomal RNA and genomic DNA from soil for studying the diversity of the indigenous bacterial community. *J. Microb. Methods* 32: 21-29.
- Erlund L., Koli R., Alfthan G, Marniemi J., Puukka P., Mustonen P., Mattila P., Jula A. 2008. Favorable effects of berry consumption on platelet function, blood pressure, and HDL cholesterol. *Am J Clin Nutr.* 87:323-331.
- Filion M., St-Arnaud M., Jabaji-Hare S.H. 2003. Direct quantification of fungal DNA from soil substrate using real-time PCR. *J. Microb. Methods* 53: 67-76.
- Fitzgerald J., Cross J., Berrie A., Cubison S. 2008 An assessment of apple varieties for their suitability in organic production systems. W: Boos, Markus (Eds) " Proceedings of Ecofruit - 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing" 18-20 February 2008, Weinsberg, Germany: 213-215.
- Forcella F., Poppe S.R., Hansen N.C., Head W.A., Hoover E., Proptom F., Mckensie J. 2003. Biological mulches for managing weeds in transplanted strawberry (*Fragaria * ananassa*). *Weed Technology* 17: 782-787.
- Gianinazzi S., Trouvelot A., Lovato P., Tuinen D. van, Franken P., Gianinazzi-Pearson V. 1995. Arbuscular mycorrhizal fungi in plant production of temperate agroecosystems. *Crit. Rev. Biotechnol.* 15: 305-311.
- Greco N., Sanchez N.E., Liljesthröm G.G. 2005. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on pest abundance on strawberry. *Exp. and Appl. Acarol.* 37: 57-66.
- Guetsky R., Shtienberg D., Elad Y., Fischer E., Dinour A. 2002. Improving biological control by combining biocontrol agents each with several mechanisms of disease suppression. *Phytopathology* 92(9): 976-985.
- Gyorene Kis Gy., Varga A., Menyhart Z., Lugasi A. 2008 Antioxidant characteristics and total polyphenol content in organic and conventional balck currant (*Ribes nigrum*), red currant (*Ribes rubrum*), raspberry (*Rubus idaeus*), and blackberry (*Rubus rusticanus* var. Inermis). Cultivate the Future. Book of Abstracts 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, 16-20 June 2008: 85.
- [25] Hołownicki R. 2003. Rolnictwo precyzyjne szansą na ograniczenie zagrożeń dla środowiska przyrodniczego. *Fragmentu Agron.* 3: 52-64.

- [26] Hołownicki R. 2004. Perspektywy zastosowania koncepcji rolnictwa precyzyjnego w ochronie roślin. *Progress in Plant Prot./Postępy w Ochronie Roślin* 44 (1): 104-113.
- [27] Hołownicki R. 2006. Miejsce agroinżynierii w rozwoju produkcji ogrodniczej w Polsce. *Inżynieria Rolnicza* 11(86): 135-146.
- [28] Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W., Godyń A. 2004. Automatic self-adjusting air-jet sprayer concept for fruit trees. *Annual Rev. of Agric. Eng.* 3(1): 5-13.
- [29] Hołownicki R., Doruchowski G., Świechowski W., Godyń A. 2005. Influence of nozzle type and wind velocity on spray distribution within the tree canopy. *Annual Rev. of Agric. Eng.* 4(1): 237-243.
- [30] Howell C.R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Plant Disease* 87(1): 4-10.
- [31] Jeffries P., Barea J.M. 2001. Arbuscular mycorrhiza: a key component of sustainable plant-soil ecosystems. W: Hock B. (ed.) *The Mycota. Vol IX: Fungal associations*, Springer, Berlin Heidelberg New York: 95-113.
- [32] Jeffries P., Gianinazzi S., Perotto S., Turnau K., Barea J.M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol. Fertil. Soils* 37: 1-16.
- [33] Johnson D., Colquhoun I., Parker M., Philo M. 2008. Sprays applied during fruit development induce diffuse browning disorders in CA-stored Cox's Orange Pippin apples. COST Action 924 Workshop Plant Growth Regulators, Harvest Time and Commodity quality. Agriculture Research Organization Volcani Center, 26-27 May 2008, Israel: 18-19.
- [34] Kerry B.R. 2000. Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-parasitic nematodes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 38: 423-441.
- [35] Kirk J.L., Beaudette L.A., Hart M., Moutgolis P., Klironomos J.N., Lee H., Trevors J.T. 2004. Methods of studying soil microbial diversity. *J. Microb. Methods* 58: 169-188.
- [36] Kruczyńska D.E., Rutkowski K.P. 2006. Quality and storage of Czech scab-resistant apple cultivars. *Phytopathol. Pol.* 39: 53-61.
- [37] Lague C., Landry H., Agnew J. 2008. "Development of a precision applicator for solid organic fertilizers" *Agric. & Biosys. Eng. for a Sust. World - AgEng. Paper OP-2192.*
- [38] Leckie S. 2005. Methods of microbial community profiling and their application to forest soils. *Forest Ecology and Manag.* 220: 88-106.
- [39] Longato S., Bonfante P. 1997. Molecular identification of mycorrhizal fungi by direct amplification of microsatellite regions. *Mycol. Res.* 101: 425-432.
- [40] Lovato P.E., Gianinazzi-Pearson V., Trouvelot A., Gianinazzi S. 1996. The state of art of mycorrhizas and micropropagation. *Adv. Hortic. Sci.* 10: 46-52.
- [41] Lovato P., Schuepp H., Trouvelot A., Gianinazzi S. 1995. Application of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in orchard and ornamental plants. W: Varma A., Hock B. (eds) *Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer, Berlin Heidelberg New York: 443-467.
- [42] Malusa E., Laurenti E., Ghibaudi E., Rolle L. 2004. Influence of organic and conventional management on yield and composition of grape cv. Grignolino. *Acta Hort.* 640: 135-141.
- [43] Malusa E., Sas Paszt L., Popińska V., Żurawicz E. 2006. The effect of a substrate containing arbuscular mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms and foliar fertilization on growth response and rhizosphere pH of three strawberry cultivars. *Int. J. Fruit Sci.* 6: 25-41.
- [44] Malusa E., Tosi L. 2005. Phosphorous acid residues in apple after foliar fertilisation: results from field trials. *Food Add. and Cont.* 22(6): 541-548.
- [45] Masny A., Basak A., Żurawicz E. 2004. Effect of foliar application of Kelpak SL and Goemar BM 86® preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. *J. of Fruit and Orn. Plant Res.* 12: 23-27.
- [46] Mercado-Blanco J., Bakker P.A.H.M. 2007. Interactions between plants and beneficial *Pseudomonas* spp.: exploiting bacterial traits for crop protection. *Antonie van Leeuwenhoek* 92: 367-389.
- [47] Michelsen J., Hamm U., Wynen E., Roth E. 1999. The European market for organic products: Growth and development. *Organic farming in Europe. Econom. Policy* 7.
- [48] Miszczak A., Bryk H., Rutkowski K., Nowacki J. 2003. Wyniki wstępnych badań nad dynamiką zanikania fungicydów w jabłkach przechowywanych w chłodni. *Mat. Ogólnopolska Naukowa Konferencja Ochrony Roślin Sadowniczych*, 26-27 lutego 2003, Skierniewice: 180-182.
- [49] Nagasako-Akazome Y., Kanda T., Ohtake Y., Shimasaki H., Kobayashi T. 2007. Apple polyphenols influence cholesterol metabolism in healthy subjects with relatively high body mass index. *J. Oleo Sci.* 56: 417-428.
- [50] Neuhoft D., Halberg N., Alfoldi T., Lockeretz W., Thommen A., Rasmussen I.A., Hermansen J., Vaarst M., Lueck L., Caporali F., Jensen H.H., Migliorini P., Wilier H. (Eds). 2008. *Cultivating the Future Based on*

- Science. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research. 18-20 June 2008 Modena, Italy.
- [51] Peck G., Merwin I. 2008. Multi-level comparison of organic and integrated fruit production systems for 'Liberty' apple in New York. Cultivate the Future. Book of Abstracts 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, 16-20 June 2008: 95.
- [52] Preusch P.L., Takeda F., Tworcoski T.J. 2004. N and P uptake by strawberry plants grown with composted poultry litter. *Scientia Hort.* 102: 91-103.
- [53] Rutkowski K.P., Kruczyńska D.E., Plocharski W., Wawrzyńczak A. 2005. Scab resistant cultivars - Quality and storage. *Acta Hort.* 682: 681-686.
- [54] Rutkowski K.P., Kruczyńska D.E., Żurawicz E. 2006. Quality and shelf-life ability of strawberry cultivars. *Acta Hort.* 708: 329-332.
- [55] Sas L., Marschner Ff., Römheld V., Mercik S. 2002. The influence of aluminium on rhizosphere and bulk soil pH and growth of strawberry plants. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482: 467-474.
- [56] Sas L., Marschner H., Römheld V., Mercik S. 2003. Effect of nitrogen forms on growth and chemical changes in the rhizosphere of strawberry plants. *Acta Phys. Plant.* 25(3): 241-247.
- [57] Sas L., Mercik S., Matysiak B. 1999. Rola rizosfery w mineralnym odżywianiu się roślin. *Post. Nauk Rol.* 6: 27-36.
- [58] Sas L., Rengel Z., Tang C. 2001. Excess cation uptake and extrusion of proton and organic acid anions in *Lupinus albus* under P deficiency. *Plant Sci.* 160: 1191-1198.
- [59] Sas L., Rengel Z., Tang C. 2002. The effect of nitrogen nutrition on cluster root formation and proton extrusion by *Lupinus albus*. *Annals of Botany* 89: 435-442.
- [60] Sas L., Tang C, Rengel Z. 2001. Suitability of hydroxyapatite and iron phosphate as P sources for *Lupinus albus* L. grown in nutrient solutions. *Plant & Soil* 235: 159-166.
- [61] Sas Paszt L., Gluszek S., Bulaj B. 2007. Minirizotron- niedestrukcyjna metoda badania korzeni roślin. *Zeszyty Naukowe Inst. Sadów. Kwiac.* 15: 93-107.
- [62] Sas Paszt L. Gluszek S. 2007. Nowoczesne metody w badaniach rizosfery roślin sadowniczych. *Post. Nauk Rol.* 5: 51-63.
- [63] Sas Paszt L., Jarociński B.Z. 2005. The effect of micro-element fertilizers on the vegetative growth of strawberry plants cv. 'Senga Sengana'. *Chem. for Agric.* 6: 260-264.
- [64] Sas Paszt L., Mercik S. 2004. The response of apple rootstocks P.22, M.9, M.26, and apple tree cultivars 'Jonagold' and 'Gala' to soil acidification. *Acta Hort.* 636: 167-172.
- [65] Sas Paszt L., Żurawicz E. 2004. The influence of nitrogen forms on root growth and pH changes in the rhizosphere of strawberry plants. *Acta Hort.* 649: 217-221.
- [66] Sas Paszt L., Żurawicz E. 2005. Studies of the rhizosphere of strawberry plants at the Research Institute of Pomology and Floriculture in Skierniewice, Poland. *Int. J. of Fruit Sci.* 5(1): 115-126.
- [67] Shen Y. C., Chen S.L., Wang C.K. 2007. Contribution of tomato phenolics to antioxidation and down-regulation of blood lipids. *J. Agric. Food Chem.* Aug 8; 55(16): 6475-6481. Epub Jul 13.
- [68] Smith S.E., Read D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London, ss. 605.
- [69] Soria Y., Schotsmans W., Reig G., Larrigaudiere C. 2008. A comparative study of 'Golden Delicious' and 'Fuji' apples produced by organic and conventional systems in the northeast of Spain. Cultivate the Future. Book of Abstracts 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, 16-20 June 2008: 100.
- [70] Stoskert T. 2002. Kostenkalkulation im ökologischen Apfelanbau, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg <www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/Veroeff/KalkulationOekoapfel.htm>.
- [71] Szewczuk A., Dereń D. 2008. Ekonomiczne efekty ściółkowania gleby w rzędach drzew jabłoni w porównaniu z użyciem herbicydowym. Ogólnopolska Konger. Ochrony Roślin Sad. ISK Skierniewice 12-13 marca 2008: 101-105.
- [72] Tarozzi A., Cocchiola M., D'Evoli L., Franco F., Hrelia P., Gabrielli P., Lucarni M., Lombardi-Boccia G. 2008. Bioactive molecule content, antioxidant and antiproliferative activities of strawberries (*Fragaria Ananassa*, cultivar Favette) grown by biodynamic and conventional agriculture. Cultivate the Future. Book of Abstracts 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, 16-20 June 2008: 102.
- [73] Termorshuizen A.J., Moolenaar S.W., Veeken A.H.M., Blok W.J. 2004. The value of compost. *Rev. Environ. Sei. Biotechnol.* 3: 343-347.
- [74] Van Loon L.C., Bakker P.A.H.M. 2006. Root-associated bacteria inducing systemic resistance W: Gnana-manickam S.S. "Plant Associated Bacteria" Springer, The Netherlands: 269-316.
- [75] Vessey J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571-586.