INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Metodyka integrowanej ochrony gorczycy dla doradców

POZNAŃ 2017

INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Metodyka integrowanej ochrony gorczycy dla doradców

Opracowanie zbiorowe pod redakcją:
dr Ewy Jajor
i prof. dr. hab. Marka Mrówczyńskiego

Program Wieloletni 2016–2020
„Ochrona roślin uprawnych z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności oraz ograniczenia strat w plonach i zagrożeń dla zdrowia ludzi, zwierząt domowych i środowiska"
finansowany przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Zadanie 1.1. Aktualizacja i opracowanie metodyk integrowanej ochrony roślin rolniczych oraz poradników sygnalizatora

Poznań 2017

INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Zakład Transferu Wiedzy i Innowacji, ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
tel. 61 864 90 27, e-mail: upowszechnianie@iorpib.poznan.pl, www.ior.poznan.pl

Opracowanie zbiorowe pod redakcją:
dr Ewy Jajor i prof. dr. hab. Marka Mrówczyńskiego

Recenzent:
prof. dr hab. Andrzej Kotecki (Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław)

Autorzy opracowania:
dr Ewa Jajor[1]
prof. dr hab. Marek Mrówczyński[1]
prof. dr hab. Iwona Bartkowiak-Broda[3]
mgr Jacek Broniarz[2]
mgr Jakub Danielewicz[1]
mgr Daria Dworzańska[1]
dr Żaneta Fiedler[1]
dr Grzegorz Gorzała[5]
dr Joanna Horoszkiewicz-Janka[1]
dr hab. Roman Kierzek[1]
prof. dr hab. Marek Korbas[1]
dr hab. Ewa Matyjaszczyk[1]
dr hab. Kinga Matysiak[1]
dr Katarzyna Nijak[1]
mgr Andrzej Obst[4]
mgr Agnieszka Perek[1]
inż. Adam Paradowski[1]
dr inż. Grzegorz Pruszyński[1]
dr inż. Przemysław Strażyński[1]
inż. Henryk Wachowiak[1]
prof. dr hab. Paweł Węgorek[1]
dr hab. Franciszek Wielebski[3]
dr hab. Marek Wójtowicz[3]
dr Joanna Zamojska[1]

[1]Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań
[2]Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka
[3]Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Oddział w Poznaniu
[4]Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Poznań
[5]Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa w Warszawie

Autorzy zdjęć:
Jacek Broniarz, Żaneta Fiedler, Tomasz Klejdysz, Marek Korbas,
Katarzyna Nijak, Grzegorz Pruszyński, Marek Tomalak

Korekta redakcyjna:
Małgorzata Maćkowiak

ISBN 978-83-64655-38-8

Nakład: 50 egz.
Skład i łamanie: Alina Kus
Druk: TOTEM, ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław, www.totem.com.pl

SPIS TREŚCI

I. WSTĘP 5

II. PRZEPISY PRAWNE DOTYCZĄCE INTEGROWANEJ OCHRONY I PRODUKCJI ROŚLIN 7
1. Ogólne zasady integrowanej ochrony roślin 7
2. Integrowana ochrona roślin w przepisach prawnych 9
3. Integrowana produkcja roślin rolniczych w przepisach prawnych 16

III. OGÓLNE ZASADY AGROTECHNIKI ISTOTNE W INTEGROWANEJ OCHRONIE I PRODUKCJI GORCZYCY 18
1. Stanowisko i płodozmian 19
2. Przygotowanie gleby 23
3. Zintegrowany system nawożenia 25
3.1. Wymagania pokarmowe 25
3.2. Potrzeby nawozowe 30
3.3. Terminy nawożenia 36
3.4. Skutki błędów nawozowych 37
4. Rola hodowli w integrowanej ochronie i produkcji gorczycy 39
5. Dobór odmian 42
6. Materiał siewny i siew gorczycy 51

IV. REGULACJA ZACHWASZCZENIA 53
1. Najważniejsze gatunki chwastów 53
2. Niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia 55
3. Metody określania liczebności chwastów i progi szkodliwości 56
4. Systemy wspomagania decyzji 56
5. Chemiczne metody regulacji zachwaszczenia 56

V. OGRANICZANIE SPRAWCÓW CHORÓB 59
1. Najważniejsze choroby 59
2. Niechemiczne metody ochrony przed chorobami 65
3. Metody określania liczebności porażonych roślin i progi szkodliwości 73
4. Systemy wspomagania decyzji 73
5. Chemiczne metody ochrony przed chorobami 74

VI. OGRANICZANIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ SZKODNIKI 76
1. Ważniejsze gatunki szkodników 76
2. Niechemiczne metody ochrony przed szkodnikami 78
3. Chemiczne metody ochrony przed szkodnikami 82
4. Monitoring i progi ekonomicznej szkodliwości 83

VII. OGRANICZANIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ ZWIERZYNĘ ŁOWNĄ 85
1. Niechemiczne metody ochrony 87
2. Chemiczne metody ochrony 88
VIII. ODPORNOŚĆ AGROFAGÓW NA ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN 90
1. Odporność chwastów na środki ochrony roślin 91
2. Odporność grzybów chorobotwórczych na środki ochrony roślin 96
3. Odporność szkodników na środki ochrony roślin 101
IX. METODY BIOLOGICZNE W INTEGROWANEJ OCHRONIE ROŚLIN 106
1. Biologiczne metody ograniczania chorób 106
2. Biologiczne metody ograniczania populacji szkodników i ochrona organizmów pożytecznych 109
X. ROLA DORADZTWA W ZAKRESIE WDRAŻANIA ZALECEŃ INTEGROWANEJ PRODUKCJI I OCHRONY ROŚLIN 123
XI. PRZYGOTOWANIE DO ZBIORU, ZBIÓR, TRANSPORT I PRZECHOWYWANIE PLONU 130
XII. WŁAŚCIWY DOBÓR TECHNIKI STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN 133
1. Przechowywanie środków ochrony roślin 133
2. Przygotowanie i wykonanie zabiegów ochrony roślin 134
3. Postępowanie po wykonaniu zabiegu opryskiwania 146
XIII. ZASADY PROWADZENIA DOKUMENTACJI W INTEGROWANEJ OCHRONIE ROŚLIN ORAZ LISTY KONTROLNE W INTEGROWANEJ PRODUKCJI 149
1. Dokumentacja w integrowanej ochronie roślin 149
2. Dokumentacja w integrowanej produkcji roślin 152
XIV. FAZY ROZWOJOWE 158
XV. PODSUMOWANIE 163
XVI. LITERATURA 164

I. WSTĘP

Integrowana ochrona gorczycy przed agrofagami polega na wykorzystaniu wszelkich dostępnych metod ujętych w taki system, aby do minimum ograniczyć stosowanie chemicznych środków ochrony roślin. Jest także określana jako program kierowania populacją agrofagów w taki sposób, aby utrzymać liczebność populacji gatunków niepożądanych poniżej progu szkodliwości. Metoda integrowana polega na hamowaniu rozwoju populacji agrofagów. Uwzględnia ona aspekty ekonomiczne oraz racjonalne stosowanie środków ochrony roślin, czyli takie, które nie działa na szkodę agrocenozy.

Opracowanie proekologicznych zasad ochrony roślin gorczycy przed agrofagami jest szczególnie ważne, ponieważ wszelkie próby rozwiązywania problemów fitosanitarnych w oparciu tylko o metodę chemiczną są nieracjonalne i mało efektywne. Proekologiczne zasady i metody ochrony przed agrofagami dotyczą: agrotechniki, hodowli nowych odmian, wykorzystania naturalnych elementów ekosystemu i racjonalnego stosowania środków ochrony roślin oraz innych agrochemikaliów.

Zagadnienie tworzenia programów ochrony opartych na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod ograniczania agrofagów dotyczy w szczególności ochrony gorczycy przed szkodnikami, ze względu na dużą liczbę gatunków uszkadzających rośliny oraz ich znaczenie gospodarcze. Zdecydowana większość z nich to szkodniki rozwijające się na rzepaku, zarówno ozimym, jak i jarym. W przypadku gorczycy zagrożenie pojawem szkodników jest mniejsze niż u rzepaku, jednak może wystąpić każdego roku, a poszczególne gatunki tych agrofagów mogą spowodować znaczne straty ekonomiczne. Najgroźniejszym gatunkiem jest słodyszek rzepakowy. Głównymi przyczynami wzrostu zagrożenia upraw gorczycy przez niektóre szkodniki są: uproszczenia agrotechniczne, zwiększenie powierzchni uprawy, a także zmiany agroklimatyczne (zwłaszcza wzrost temperatury powietrza oraz brak mroźnych zim).

Straty w plonie i jakości nasion gorczycy powodowane są również przez choroby. Do najważniejszych w ostatnich latach zalicza się kiłę kapusty, mączniaka rzekomego, czerń krzyżowych oraz bielika krzyżowych (białą rdzę). Istotnym elementem integrowanej ochrony roślin przed chorobami jest kompleksowość działań, czyli łączenie wielu metod mających na celu ograniczanie ich występowania. W uprawie gorczycy zastosowanie znajduje przede wszystkim metoda agrotechniczna, a także hodowlana i biologiczna. Dopiero gdy zastosowanie metod niechemicznych nie przynosi oczekiwanych rezultatów i nie pozwala na ograniczenie obecności patogenów do koniecznego minimum, wykorzystuje się, jeżeli to możliwe, metodę chemiczną. Intensywność występowania chorób i potencjalne straty przez nie powodowane zależą od wielu czynników, m.in. od struktury populacji i biologii danego patogena lub patogenów, warunków klimatycznych, a także od stosowanych metod uprawy, ochrony roślin i zależności między tymi czynnikami.

Skład gatunkowy chwastów występujących w trzech gatunkach gorczyc (białej, czarnej i sarepskiej) uprawianych w Polsce nie różni się i jest podobny do spektrum chwastów występujących w rzepaku jarym. Do najgroźniejszych gatunków chwastów dwuliściennych należą: komosa biała, maruna bezwonna, przytulia czepna, fiołek polny, rumianek pospolity i rumian polny. Spośród gatunków jednoliściennych do niebezpiecznych należy zaliczyć: wieloletni perz właściwy i, w zależności od stanowiska (płodozmianu), samosiewy zbóż. Uprawiana na największym areale gorczyca biała ma małe wymagania glebowe, stąd stopień zachwaszczenia jej plantacji jest często wysoki, ale chwasty nie rozwijają się bujnie. Zdecydowanie bardziej konkurencyjne są chwasty względem gorczycy sarepskiej i czarnej, które mają większe wymagania glebowe niż gorczyca biała.

II. PRZEPISY PRAWNE DOTYCZĄCE INTEGROWANEJ OCHRONY ROŚLIN

1. Ogólne zasady integrowanej ochrony roślin

Od 1 stycznia 2014 r. w Polsce oraz innych krajach Unii Europejskiej stosowanie zasad integrowanej ochrony roślin stało się obowiązkiem dla wszystkich profesjonalnych użytkowników ochrony roślin. Integrowana ochrona polega na ochronie upraw przed organizmami szkodliwymi, z wykorzystaniem wszystkich dostępnych metod, a szczególnie metod niechemicznych, w sposób minimalizujący zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz środowiska. Wykorzystuje w pełni wiedzę o organizmach szkodliwych dla roślin (zwłaszcza o ich biologii i szkodliwości) w celu określenia optymalnych terminów podejmowania działań zwalczających te organizmy, a także o naturalnym występowaniu organizmów pożytecznych, w tym drapieżców i pasożytów organizmów szkodliwych dla roślin. Pozwala także ograniczyć stosowanie chemicznych środków ochrony roślin do niezbędnego minimum i w ten sposób ograniczyć presję na środowisko naturalne oraz chronić bioróżnorodność środowiska rolniczego.

Zapobieganie występowaniu organizmów szkodliwych lub minimalizowanie ich negatywnego wpływu na rośliny uprawne można osiągnąć lub je wspierać między innymi przez:

- płodozmian;
- właściwe techniki uprawy (np. zwalczanie chwastów przed siewem lub sadzeniem roślin, przestrzeganie terminu i normy wysiewu, stosowanie wsiewek, uprawę bezorkową, cięcie i siew bezpośredni);
- stosowanie odmian odpornych/tolerancyjnych oraz materiału siewnego i nasadzeniowego kategorii standard/kwalifikowany;
- zrównoważone nawożenie, wapnowanie i nawadnianie/odwadnianie;
- stosowanie środków higieny (np. regularne czyszczenie maszyn i sprzętu), aby zapobiec rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych;
- ochronę i stwarzanie warunków do występowania ważnych organizmów pożytecznych, np. przez odpowiednie metody ochrony roślin lub wykorzystywanie ekologicznych struktur w miejscu produkcji i poza nim.

Organizmy szkodliwe muszą być monitorowane za pomocą odpowiednich metod i narzędzi, jeżeli są one dostępne. Wśród takich narzędzi powinny się zna-

leźć: (1) monitoring pól oraz (2) systemy ostrzegania, prognozowania i wczesnego diagnozowania, oparte na solidnych podstawach naukowych, tam gdzie możliwe jest ich zastosowanie, a także (3) doradztwo osób o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych.

Na podstawie wyników działań monitorujących użytkownik profesjonalny musi zdecydować, czy i kiedy stosować metody ochrony roślin. Podstawowymi czynnikami wpływającymi na podejmowanie decyzji są pewne i oparte na solidnych podstawach naukowych progi szkodliwości występowania organizmów szkodliwych. Jeśli jest to wykonalne, przed zabiegiem ochrony roślin należy wziąć pod uwagę wartości progów szkodliwości dla danego regionu, konkretnego obszaru, uprawy i konkretnych warunków pogodowych.

Nad metody chemiczne należy przedkładać zrównoważone metody biologiczne, fizyczne i inne metody niechemiczne, jeżeli zapewniają one zadowalającą ochronę przed organizmami szkodliwymi.

Stosowane środki ochrony roślin muszą być jak najbardziej ukierunkowane na osiągnięcie danego celu i powodować jak najmniej skutków ubocznych dla zdrowia ludzi i organizmów niebędących celem zwalczania, a także dla środowiska. Profesjonalny użytkownik powinien ograniczyć stosowanie pestycydów i inne formy interwencji do niezbędnego minimum, np. przez zredukowanie dawek, ograniczenie liczby wykonywanych zabiegów lub stosowanie dawek dzielonych, biorąc pod uwagę to, czy można zaakceptować dany poziom zagrożenia roślin i czy planowane interwencje nie zwiększają ryzyka rozwoju odporności organizmów szkodliwych. Jeśli wiadomo, że istnieje ryzyko powstania odporności na określoną substancję czynną, a nasilenie występowania organizmów szkodliwych wymaga wielokrotnego stosowania pestycydów w danych uprawach, należy zastosować dostępne strategie przeciwdziałające rozwojowi odporności, by zachować skuteczność tych produktów. Może to obejmować stosowanie wielu pestycydów o różnych mechanizmach działania.

Użytkownik profesjonalny powinien sprawdzać efekty zastosowanych metod ochrony roślin, zapisując przeprowadzone zabiegi z użyciem pestycydów oraz prowadzić działania monitorujące występowanie organizmów szkodliwych.

Decyzje o wykonaniu zabiegów ochrony roślin powinny być podejmowane w oparciu o monitoring występowania organizmów szkodliwych, z uwzględnieniem ekonomicznej szkodliwości. Wybierając środki ochrony roślin, należy brać pod uwagę ich selektywność. Ponadto stosowanie środków ochrony roślin powinno być ograniczone do niezbędnego minimum, szczególnie przez redukowanie dawek lub ograniczanie liczby wykonywanych zabiegów.

Do rozwoju integrowanej ochrony roślin konieczne są także działania wspierające i upowszechniające ten system, szczególnie udostępnianie rolnikom programów wspomagania decyzji, odpowiednich metodyk obejmujących monitorowanie występowania organizmów szkodliwych oraz progi ich ekonomicznej

szkodliwości, a także organizacja szkoleń, konferencji tematycznych, wydawanie ulotek i artykułów w prasie branżowej oraz rozwój niezależnego doradztwa. Jednym z podstawowych działań służących wdrożeniu ogólnych zasad integrowanej ochrony roślin jest udostępnienie profesjonalnym użytkownikom środków ochrony roślin na bieżąco aktualizowanych metodyk integrowanej ochrony roślin. Metodyki te zawierają zalecenia dotyczące metod ochrony roślin poszczególnych upraw, obejmujące metody agrotechniczne, biologiczne i chemiczne, ze szczególnym uwzględnieniem wspomagania naturalnych procesów samoregulacji zachodzących w agrocenozach. Większe znaczenie niż w tradycyjnych systemach ochrony roślin przed agrofagami będą miały metody niechemiczne, czyli metoda agrotechniczna i biologiczna. Jednym z elementów wykorzystywanych w integrowanej ochronie roślin jest prawidłowy płodozmian. Istotna jest też uprawa odmian odpornych i tolerancyjnych oraz wprowadzanie do praktyki rolniczej alternatywnych form uprawy, takich jak siew mieszanek odmian i gatunków, pozwalających na lepsze wykorzystanie zasobów środowiska rolniczego, bez zakłócania jego równowagi biologicznej.

Metodyki integrowanej ochrony roślin wskazują także najefektywniejsze i bezpieczne techniki aplikacji środków ochrony roślin. Można w nich znaleźć również wskazówki dotyczące doboru i stosowania środków ochrony roślin, które powinny uzwzględniać zminimalizowanie ryzyka powstawania zagrożeń dla zdrowia ludzi oraz środowiska naturalnego.

Zgodnie z art. 14 ust. 2 Dyrektywy 2009/128/WE państwa członkowskie Unii Europejskiej ustanawiają lub wspierają ustanowienie wszelkich warunków niezbędnych do wdrożenia integrowanej ochrony roślin. Szczególnie zapewniają one profesjonalnym użytkownikom dostęp do informacji i narzędzia do monitorowania organizmów szkodliwych oraz podejmowania odpowiednich decyzji.

Istotnym wsparciem dla wdrażania zasad integrowanej ochrony roślin będzie, oprócz systemu sygnalizacji agrofagów, udostępnienie profesjonalnym użytkownikom pestycydów wybranych systemów wspomagania decyzji w ochronie roślin, ich aktualizacja i rozszerzenie o kolejne elementy i funkcje, a także udostępnienie opracowań naukowych z tego zakresu.

W Polsce od wielu lat są prowadzone szkolenia z zakresu ochrony roślin, ale obecnie należy szczególnie akcentować w ich programach elementy integrowanej ochrony roślin. Istnieje również system kontroli działania sprzętu służącego do zabiegów ochrony roślin. Rolnicy prowadzą także ewidencję wykonanych zabiegów ochronnych.

2. Integrowana ochrona roślin w przepisach prawnych

Wprowadzenie integrowanej ochrony roślin jako standardu produkcji roślinnej wynika bezpośrednio z postanowień art. 14 Dyrektywy Parlamentu Europej-

skiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 71) oraz art. 55 Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczącego wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylającego przepisy Dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 1).

Artykuł 55 Rozporządzenia nr 1107/2009/WE stanowi, że środki ochrony roślin muszą być stosowane właściwie. Właściwe stosowanie środków ochrony roślin powinno być m.in. zgodne z wymaganiami podanymi w etykiecie oraz z postanowieniami Dyrektywy 2009/128/WE, w szczególności zgodne z ogólnymi zasadami integrowanej ochrony roślin, o których mowa w art. 14 oraz załączniku III do tej Dyrektywy.

Integrowana ochrona roślin została również uregulowana przepisami prawa krajowego. Zgodnie z art. 35 Ustawy z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin (Dz. U. 2017 r. poz. 50 ze zm.) użytkownicy profesjonalni zobowiązani są do:

- stosowania środków ochrony roślin z uwzględnieniem integrowanej ochrony roślin;
- prowadzenia chemicznej ochrony w taki sposób, aby nie stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska, w tym przeciwdziałania znoszeniu środków ochrony roślin na obszary i obiekty niebędące celem zabiegu;
- planowania stosowania środków ochrony roślin z uwzględnieniem okresu, w którym ludzie mogą przebywać na obszarze objętym zabiegiem.

Użytkownicy profesjonalni, którzy stosują środki ochrony roślin są zobligowani również do uwzględniania wymogów integrowanej ochrony roślin określonych w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin (Dz. U. poz. 505). Według ww. rozporządzenia producent rolny powinien przed zastosowaniem chemicznej ochrony roślin wykorzystać wszelkie dostępne działania i metody ochrony przed agrofagami, aby ograniczyć stosowanie pestycydów. Zapisy tego rozporządzenia kładą silny nacisk m.in. na stosowanie płodozmianu, uprawianie odpowiednich odmian, przestrzeganie optymalnych terminów, stosowanie właściwej agrotechniki, nawożenie oraz na zapobieganie rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych. Jednym z wymogów jest również ochrona organizmów pożytecznych oraz stwarzanie warunków sprzyjających ich występowaniu, a w szczególności dotyczy to owadów zapylających i naturalnych wrogów organizmów szkodliwych. Zastosowanie chemicznej ochrony roślin powinno być poprzedzone działaniami monitoringowymi oraz podparte odpowiednimi instrumentami naukowymi i doradztwem.

Według obowiązujących przepisów prawa, do ochrony chemicznej roślin można stosować tylko środki ochrony roślin dopuszczone do obrotu i stosowania na podstawie zezwoleń wydanych przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Informacje o środkach ochrony roślin posiadających rejestrację zamieszczane są w rejestrze udostępnionym na stronie internetowej Biuletynu Informacji Publicznej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (https://bip.minrol.gov.pl/Informacje-Branzowe/Produkcja-Roslinna/Ochrona-Roslin).

Na stronie internetowej Ministerstwa znajdują się również etykiety zarejestrowanych środków ochrony roślin, z którymi każdy zainteresowany może się zapoznać. Natomiast przed aplikacją środka ochrony roślin obowiązkiem każdego użytkownika jest zapoznanie się z etykietą i stosowanie się do jej zapisów.

Zgodnie z Ustawą z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin (Dz. U. 2017 r. poz. 50 ze zm.) do stosowania środków ochrony roślin przeznaczonych dla użytkowników profesjonalnych, konieczne jest posiadanie odpowiednich kwalifikacji. Zabiegi takie mogą być wykonywane przez osoby, które ukończyły szkolenie:

- w zakresie stosowania środków ochrony roślin w Rzeczypospolitej Polskiej potwierdzone zaświadczeniem o ukończeniu tego szkolenia, lub
- w zakresie doradztwa dotyczącego środków ochrony roślin w Rzeczypospolitej Polskiej potwierdzone zaświadczeniem o ukończeniu tego szkolenia, lub
- w zakresie integrowanej produkcji roślin potwierdzone zaświadczeniem o ukończeniu tego szkolenia, lub
- wymagane od użytkowników profesjonalnych w innym państwie członkowskim Unii Europejskiej lub w państwie będącym stroną umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym, na podstawie przepisów obowiązujących w tym państwie, potwierdzone dokumentem o ukończeniu tego szkolenia, lub przedstawiły inny dokument wydany na podstawie przepisów obowiązujących w tym państwie, potwierdzający uzyskanie uprawnień do wykonywania zabiegów z zastosowaniem środków ochrony roślin przeznaczonych dla użytkowników profesjonalnych.

Szkolenia z zakresu stosowania środków ochrony roślin mogą być szkoleniami:

- podstawowymi lub
- uzupełniającymi dla osób, które ukończyły szkolenia podstawowe.

Szkolenia uprawniające do stosowania środków ochrony roślin zachowują ważność przez 5 lat.

Ze szkoleń podstawowych w zakresie stosowania środków ochrony roślin są zwolnione osoby, które posiadają zaświadczenie wydane przez szkołę ponadpodstawową lub szkołę wyższą, stwierdzające, że w dokumentacji przebiegu nauczania tej osoby zostały uwzględnione wszystkie zagadnienia ujęte w programie szkolenia w danym zakresie, lub posiadają kwalifikacje wymagane dla osób prowadzących szkolenia w zakresie integrowanej produkcji. Szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin nie są wymagane od pracowników naukowych szkół wyższych lub instytutów badawczych, jeżeli do zakresu obowiązków tych

osób należy prowadzenie zajęć dydaktycznych, badań naukowych lub prac rozwojowych z zakresu rolnictwa, ogrodnictwa lub leśnictwa. Uprawnienia takie mają również osoby prowadzące szkolenia w zakresie:
- stosowania środków ochrony roślin;
- doradztwa dotyczącego stosowania środków ochrony roślin;
- integrowanej produkcji roślin.

Uprawnienia takie zachowują ważność przez 5 lat od dnia zakończenia nauki lub zaprzestania wykonywania ww. działalności.

Warunki stosowania środków ochrony roślin zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 31 marca 2014 r. w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin (Dz. U. z 2014 r. poz. 516).

Zgodnie z zapisami ww. rozporządzenia pestycydy na terenie otwartym można stosować przy użyciu:
- sprzętu naziemnego w odległości co najmniej 20 m od pasiek;
- opryskiwaczy polowych w odległości co najmniej 3 m od krawędzi jezdni dróg publicznych, z wyłączeniem dróg publicznych zaliczanych do kategorii dróg gminnych oraz powiatowych;
- opryskiwaczy polowych w odległości co najmniej 1 m od zbiorników i cieków wodnych oraz terenów nieużytkowanych rolniczo, innych niż będących celem zabiegu z zastosowaniem środków ochrony roślin.

Rozporządzenie wprowadza również zastrzeżenie, że środki ochrony roślin, dla których zostało wydane zezwolenie na wprowadzanie do obrotu przed dniem 14 czerwca 2011 r. i których etykieta nie określa minimalnej odległości, w jakiej można je stosować od zbiorników i cieków wodnych, mogą być stosowane na terenie otwartym przy użyciu opryskiwaczy ciągnikowych i samobieżnych polowych lub sadowniczych, jeżeli miejsce ich stosowania jest oddalone o co najmniej 20 m od zbiorników i cieków wodnych.

Przy stosowaniu środków ochrony roślin należy również szczegółowo zapoznać się z ich etykietą, ponieważ może zawierać dodatkowe warunki ograniczające możliwość ich zastosowania.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 maja 2013 r. w sprawie sposobu postępowania przy stosowaniu i przechowywaniu środków ochrony roślin (Dz. U. z 2013 r. poz. 625) reguluje zasady sporządzania cieczy użytkowej. Przygotowanie środków ochrony roślin do zastosowania musi odbywać się w sposób ograniczający ryzyko skażenia:
- wód powierzchniowych i podziemnych w rozumieniu przepisów Prawa wodnego;
- gruntu, w tym na skutek wycieku lub przesiąkania środków ochrony roślin w głąb profilu glebowego.

Należy również w przypadku sporządzania cieczy użytkowej z zastosowaniem środków ochrony roślin przeznaczonych dla użytkowników profesjonalnych zachować odległość co najmniej 20 m od studni, ujęć wody oraz zbiorników i cieków wodnych.

Środki ochrony roślin po ich zakupieniu, jak również pozostałe niezużyte podczas aplikacji, należy przechowywać zgodnie z przepisami prawa. Przechowywanie środków ochrony roślin uregulowane jest w Polsce przez Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi:

– z dnia 24 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu i magazynowaniu środków ochrony roślin oraz nawozów mineralnych i organiczno-mineralnych (Dz. U. z 2002 r. nr 99, poz. 896 ze zm.);
– z dnia 22 maja 2013 r. w sprawie sposobu postępowania przy stosowaniu i przechowywaniu środków ochrony roślin (Dz. U. z 2013 r. poz. 625) oraz w poszczególnych etykietach środków ochrony roślin.

Wyszczególnione przepisy regulują ogólne zasady przechowywania środków ochrony roślin. Należy jednak zaznaczyć, że rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu i magazynowaniu środków ochrony roślin oraz nawozów mineralnych i organiczno-mineralnych obowiązuje wyłącznie pracodawców i pracowników w rozumieniu ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy. Niemniej jednak należy dążyć do wdrażania tego przepisu we własnym gospodarstwie rolnym.

Zapisy rozporządzenia w sprawie sposobu postępowania przy stosowaniu i przechowywaniu środków ochrony roślin są natomiast obligatoryjne dla wszystkich rolników, niezależnie od tego czy zatrudniają, czy nie zatrudniają pracowników w swoim gospodarstwie.

W myśl tego rozporządzenia producent rolny musi przechowywać środki ochrony roślin w oryginalnych opakowaniach i w sposób uniemożliwiający kontakt tych środków z żywnością, napojami lub paszą oraz musi zabezpieczyć przed przypadkowym spożyciem przez człowieka lub przeznaczeniem do żywienia zwierząt. Pestycydy mają być również obligatoryjnie zabezpieczone przed dostępem dzieci.

Przechowujący środki ochrony roślin powinien zapewnić takie warunki, aby nie doszło do skażenia wód powierzchniowych i podziemnych (w rozumieniu przepisów Prawa wodnego), gruntu na skutek wycieku lub przesiąkania środków ochrony roślin w głąb profilu glebowego. Niedopuszczalne jest również umożliwienie przedostania się pestycydów do systemów kanalizacyjnych, z wyłączeniem oddzielnej bezodpływowej kanalizacji wyposażonej w szczelny zbiornik ścieków lub w urządzenia służące do ich neutralizacji. Miejsca lub obiekty, w których przechowywane są środki ochrony roślin powinny być położone w odległości nie mniejszej niż 20 m od studni oraz zbiorników i cieków wodnych, chyba że środki te są przechowywane na utwardzonej nawierzchni z betonu szczelnego

lub z innych trwałych materiałów izolacyjnych, które są nieprzepuszczalne dla cieczy. Pestycydy powinny być przechowywane pod zamknięciem, które uniemożliwia dostęp osób trzecich.

Wymogi dotyczące przechowywania zawarte w etykietach środków ochrony roślin odnoszą się najczęściej do kwestii technicznych przechowywania poszczególnych środków, których zachowanie zapewnia utrzymanie w trakcie przechowywania odpowiednich parametrów chemicznych pestycydów. Na etykietach mogą znaleźć się takie zapisy, jak: „Przechowywać z dala od źródeł ciepła", „Przechowywać w temperaturze nie niższej niż 0°C i nie wyższej niż 30°C", „Chronić przed wilgocią". Wskazania te dla przechowującego pestycydy są obligatoryjne.

Pracodawcy natomiast, zgodnie z rozporządzeniem w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu i magazynowaniu środków ochrony roślin oraz nawozów mineralnych i organiczno-mineralnych, na drzwiach zewnętrznych magazynu powinni umieścić napis „MAGAZYN ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN". Drzwi magazynu oraz drzwi pomieszczeń wewnątrz magazynu muszą być wyposażone w zamki, które należy zamykać po każdorazowym wyjściu.

Magazyn środków ochrony roślin musi być wyposażony w system wentylacji awaryjnej (uruchamiany z zewnątrz i od wewnątrz magazynu, zapewniający co najmniej 10-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny) oraz ciągłej (uruchamiany z zewnątrz magazynu, godzinę przed rozpoczęciem pracy, zapewniający co najmniej 3-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny).

Ponadto magazyn do przechowywania środków ochrony roślin, który obsługują pracownicy, należy wyposażyć w:
- okna ograniczające oddziaływanie promieni słonecznych;
- instalację elektryczną gazoszczelną i pyłoszczelną;
- oddzielną bezodpływową kanalizację, wyposażoną w urządzenia służące do neutralizacji powstałych ścieków;
- środki ochrony indywidualnej w zależności od występujących zagrożeń;
- apteczki zawierające środki do udzielania pierwszej pomocy w przypadku zatrucia środkami ochrony roślin.

Dodatkowo w magazynie w widocznym miejscu pracodawca umieszcza:
- wykaz przechowywanych w nim środków ochrony roślin;
- instrukcję bezpieczeństwa i higieny pracy uwzględniającą zasady składowania środków ochrony roślin;
- numery telefonów do najbliższego centrum powiadamiania ratunkowego lub zakładu opieki zdrowotnej.

Posadzki magazynu muszą być wykonane z materiałów niepalnych, łatwo zmywalnych, ograniczających poślizg oraz odpornych na uderzenia i działanie substancji żrących.

W magazynie należy również wyodrębnić zamykane pomieszczenia służące do przechowywania najbardziej niebezpiecznych środków ochrony roślin oraz gromadzenia np. przeterminowanych pestycydów, pustych opakowań po tych środkach lub zanieczyszczonych środkami ochrony roślin.

Magazyn należy wyposażyć w sprzęt i urządzenia do składowania, przemieszczania i spiętrzania środków ochrony roślin oraz w przyrządy do pomiaru temperatury i wilgotności.

W miejscu składowania środków ochrony roślin niedopuszczalne jest palenie tytoniu i spożywanie posiłków oraz przechowywanie:
- artykułów żywnościowych i leków;
- pasz dla zwierząt;
- nasion i zbóż niezaprawionych środkami ochrony roślin;
- przedmiotów osobistego użytku;
- materiałów pędnych i łatwo palnych.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami każde użycie środka ochrony roślin musi być rejestrowane. Użytkownik profesjonalny jest zobligowany do prowadzenia i przechowywania przez 3 lata dokumentacji zawierającej: nazwę środka ochrony roślin, czas zastosowania i zastosowaną dawkę, obszar lub powierzchnię lub jednostkę masy ziarna i uprawy lub obiekty, na których zastosowano środek ochrony roślin. W dokumentacji prawo wymaga wskazania również sposobu realizacji wymagań integrowanej ochrony roślin przez podanie co najmniej przyczyny wykonania zabiegu środkiem ochrony roślin.

Do zabiegu z zastosowaniem środków ochrony roślin używa się sprzętu przeznaczonego do tego celu, który użyty zgodnie z przeznaczeniem nie stwarza zagrożenia dla zdrowia ludzi, zwierząt i środowiska oraz jest sprawny technicznie i skalibrowany tak, aby zapewnić prawidłowe stosowanie środków ochrony roślin. Na posiadaczach sprzętu do stosowania środków ochrony roślin ciąży obowiązek przeprowadzania okresowych badań potwierdzających sprawność techniczną. Pierwsze badanie nowego opryskiwacza przeprowadza się nie później niż po upływie 5 lat od dnia jego nabycia. Opryskiwacze ciągnikowe i samobieżne polowe należy poddawać badaniom w odstępach czasu nie dłuższych niż 3 lata.

Z obowiązku badań wyłączone są opryskiwacze ręczne i plecakowe, których pojemność zbiornika nie przekracza 30 litrów.

Zagadnienia związane ze sprzętem do stosowania środków ochrony roślin uregulowane zostały rozporządzeniami Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia:
- 5 maja 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących sprawności technicznej sprzętu przeznaczonego do stosowania środków ochrony roślin (Dz. U. z 2016 r. poz. 760);
- 7 czerwca 2016 r. w sprawie potwierdzania sprawności technicznej sprzętu przeznaczonego do stosowania środków ochrony roślin (Dz. U. z 2016 r. poz. 924).

3. Integrowana produkcja roślin rolniczych w przepisach prawnych

Intensyfikacja produkcji roślin rolniczych oraz stosowanie nawozów sztucznych i środków ochrony roślin niesie ze sobą ryzyko zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Wzrost świadomości konsumentów wymusił podjęcie działań w celu produkowania żywności bezpiecznej dla zdrowia i z zachowaniem ochrony środowiska. Systemem spełniającym te wymagania jest Integrowana Produkcja Roślin (IP).

Ustawa o środkach ochrony roślin (Dz. U. z 2017 r. poz. 50 ze zm.) w art. 2 podaje następującą definicję: „integrowana produkcja roślin – produkcja roślin z zastosowaniem integrowanej ochrony roślin oraz z wykorzystaniem postępu technicznego i biologicznego w uprawie i nawożeniu, ze szczególnym uwzględnieniem zdrowia ludzi i zwierząt oraz ochrony środowiska".

Integrowana produkcja po raz pierwszy do przepisów krajowego prawa została wprowadzona ustawą o ochronie roślin z 18 grudnia 2003 r. Następnie ustawa o środkach ochrony roślin (Dz. U. z 2017 r. poz. 50 ze zm.) wprowadziła modyfikacje w systemie integrowanej produkcji roślin. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa przekazała certyfikację producentów rolnych upoważnionym podmiotom, nad którymi sprawuje nadzór. Szczegółowo zostało to uregulowane art. 55–63 ustawy o środkach ochrony roślin.

Producent rolny, który chce uzyskać potwierdzenie stosowania integrowanej produkcji roślin certyfikatem jest zobowiązany dokonać, w każdym roku, zgłoszenia podmiotowi certyfikującemu nie później niż 30 dni przed siewem albo sadzeniem roślin, a w przypadku roślin wieloletnich – przed rozpoczęciem okresu ich wegetacji.

Certyfikat poświadczający stosowanie integrowanej produkcji roślin jest wydawany, jeżeli producent roślin spełni następujące wymagania:

- ukończy szkolenie w zakresie integrowanej produkcji roślin i posiada zaświadczenie o ukończeniu tego szkolenia;
- prowadzi produkcję i ochronę roślin według szczegółowych metodyk zatwierdzonych przez Głównego Inspektora i udostępnionych na stronie internetowej administrowanej przez Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa;
- stosuje nawożenie na podstawie faktycznego zapotrzebowania roślin na składniki pokarmowe, określone w szczególności na podstawie analiz gleby lub roślin;
- dokumentuje prawidłowo prowadzenie działań związanych z integrowaną produkcją roślin;
- przestrzega przy produkcji roślin zasad higieniczno-sanitarnych, w szczególności określonych w metodykach;
- w próbkach roślin i produktów roślinnych pobranych do badań nie zostaną stwierdzone przekroczenia najwyższych dopuszczalnych pozostałości środków ochrony roślin oraz poziomów azotanów, azotynów i metali ciężkich;

– przestrzega przy produkcji roślin wymagań z zakresu ochrony roślin przed organizmami szkodliwymi, w szczególności określonych w metodykach.

Certyfikat poświadczający stosowanie integrowanej produkcji roślin wydawany jest na okres niezbędny do zbycia roślin, jednak nie dłużej niż na okres 12 miesięcy. Wzór certyfikatu określony został w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 24 czerwca 2013 r. w sprawie kwalifikacji osób prowadzących czynności kontrolne przestrzegania wymagań integrowanej produkcji roślin oraz wzoru certyfikatu poświadczającego stosowanie integrowanej produkcji roślin (Dz. U. poz. 760). Producent roślin, który otrzymał certyfikat poświadczający stosowanie integrowanej produkcji roślin, może używać Znaku Integrowanej Produkcji Roślin do oznaczania roślin, dla których został wydany ten certyfikat.

III. OGÓLNE ZASADY AGROTECHNIKI ISTOTNE W INTEGROWANEJ OCHRONIE I PRODUKCJI GORCZYCY

Zbiorowa nazwa „gorczyca" obejmuje trzy gatunki uprawiane w Polsce, należące do rodziny kapustowatych (Brassicaceae): gorczycę białą, czarną i sarepską.

Gorczyca biała, zwana także gorczycą jasną (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica hirta* Moench), jest uprawiana w wielu regionach świata; występuje także w formie dzikiej. Roślina ta uprawiana jest na nasiona oraz jako zielony nawóz na przyoranie, na zielonkę i w mieszankach pastewnych, w niektórych krajach jej liście wykorzystuje się także jako sałatę.

Gorczyca czarna, zwana także kapustą czarną (*Brassica nigra* L., syn. *Sinapis nigra* L.), występuje w Europie (z wyjątkiem rejonów północnych), w krajach śródziemnomorskich, południowo-zachodniej części Azji i w Afryce Wschodniej. W Polsce występuje w formie dzikiej. Uprawiana jest na małej powierzchni na nasiona wykorzystywane do celów przyprawowych i leczniczych. Olej pozyskiwany z nasion może być także wykorzystany do celów technicznych.

Gorczyca sarepska, nazywana także kapustą sitową lub gorczycą modrą (*Brassica juncea* (L.) Czern., syn. *Sinapis juncea* L.), występuje we wschodnich rejonach Europy i w południowo-wschodniej części Azji. Ma duże znaczenie jako roślina oleista w Indiach, Chinach i Rosji. Stosowana jest także jako roślina przyprawowa, w Chinach również jako jarzyna.

Wszystkie gatunki gorczyc są jednoroczne i mają dużą wartość miododajną. Ponadto zawierają duże ilości tłuszczu w nasionach: gorczyca biała – 25–35%, gorczyca czarna – 30–40%, gorczyca sarepska – 35–47%. Olej tłoczony na zimno może być wykorzystany do celów spożywczych, a ekstrahowany – do celów technicznych. Wytłoki pozostające po wyciśnięciu z nasion oleju lub śruta (rozdrobnione nasiona) służą do wyrobu musztardy. O tego typu zagospodarowaniu nasion gorczyc decyduje duża zawartość związków siarkowych – glukozynolanów. U gorczycy białej głównym glukozynolanem jest sinalbina, a u gorczycy czarnej i sarepskiej – sinigryna. Składniki te decydują o wartościach przyprawowych i leczniczych nasion, a jednocześnie uniemożliwiają wykorzystanie śruty czy wytłoków jako paszy ze względu na działanie antyżywieniowe, zwłaszcza zaburzanie przyswajania jodu u zwierząt gospodarskich (Wałkowski 1997).

W Polsce największe znaczenie ma gorczyca biała, której nasiona wykorzystywane są do celów przyprawowych, leczniczych, do produkcji musztardy, a uzyskany z nich olej do celów technicznych. Ponadto gorczyca biała uprawiana jest na zielony nawóz na przyoranie i na zielonkę stosowaną w mieszankach, czyli paszę dla zwierząt gospodarskich.

1. Stanowisko i płodozmian

Najlepszym przedplonem dla wszystkich gatunków gorczyc są rośliny okopowe na oborniku i późno schodzące z pola rośliny strączkowe. Dobrymi przedplonami są mieszanki zbożowo-strączkowe, rośliny motylkowe wieloletnie: lucerna, koniczyna czerwona oraz mieszanki motylkowych z trawami. Gorczycę można uprawiać również po zbożach, stosując odpowiednio wyższe dawki nawozów (Wałkowski 1997; Toboła 2010). Gorczyca biała w praktyce najczęściej uprawiana jest w płodozmianie po zbożach, bowiem zmniejsza skutki dużego udziału zbóż w zmianowaniu oraz korzystnie wpływa na stan fitosanitarny gleby i jej właściwości fizyczne (głęboko się korzeni). Gorczyc nie należy uprawiać po słoneczniku, maku i lnie. Gorczyce nie nadają się na przedplony roślin z rodziny kapustowatych (dawniej krzyżowych), np. rzepaku, ponieważ mogą być atakowane przez pchełki ziemne. Poza tym istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia samosiewów rzepaku, których nie można zwalczyć w plantacji gorczycy. W uprawie na nasiona samosiewy rzepaku mogą być przyczyną dyskwalifikacji plantacji, gdyż obniżają jakość zebranego plonu. Z tej samej przyczyny nie należy również uprawiać gorczyc po przeoranym rzepaku, bowiem część roślin rzepaku może zregenerować uszkodzenia i wydać nasiona (Toboła 2010). Ponadto w przypadku przesiewu duże nawożenie azotowe zastosowane pod rzepak na przedwiośniu powoduje u gorczyc zbyt intensywny rozwój wegetatywny, długie kwitnienie i późne wiązanie nasion (Wałkowski 1997). Generalnie w zmianowaniach z rzepakiem, zwłaszcza jarym, gorczyce nie powinny być uprawiane, i odwrotnie. Groźnym skutkiem następstwa gorczycy po roślinach kapustowatych w płodozmianie jest prawdopodobieństwo wystąpienia bardzo groźnej choroby, jaką jest kiła kapusty. Gorczyce nie znoszą również uprawy po sobie.

Wartość stanowiska, obok przedplonu, istotnie kształtuje gleba, zwłaszcza jej odczyn i zasobność w składniki pokarmowe. Wszystkie gatunki gorczyc wymagają gleb zasobnych w wapń i obojętnego odczynu gleby. Wymagania glebowe gorczyc sarepskiej i czarnej są podobne do wymagań rzepaku jarego (Dembiński 1975). Gorczyca biała ma większą zdolność pobierania trudniej przyswajalnych składników pokarmowych, dlatego jej wymagania glebowe są mniejsze i może być uprawiana na glebach słabszych. Na żyznych glebach daje jednak wyższe plony. Gorczyce, szczególnie gorczyca biała, mogą być uprawiane na glebach lżejszych, ale nie typowo piaszczystych. Wrażliwe są na okresowe susze zwłaszcza

podczas kwitnienia i w fazie dojrzewania nasion, jednak ich wrażliwość na niedobory wody jest znacznie mniejsza niż rzepaku jarego. Z okresowymi brakami wody w glebie najlepiej radzi sobie gorczyca biała, rozwijając najsilniejszy system korzeniowy. W warunkach klimatycznych naszego kraju jest jedną z najbardziej odpornych na suszę roślin oleistych (Muśnicki i wsp. 1997; Toboła i Muśnicki 1999). Wszystkie gatunki gorczyc najlepiej udają się na bogatych w wapń glebach gliniastych i piaszczysto-gliniastych, a także na murszach i glebach wytworzonych z torfów niskich, jednak pod warunkiem, że mają uregulowane stosunki wodno-powietrzne. Uprawiane na nasiona najlepiej plonują na próchnicznych glebach kompleksów pszennych, w rejonach o większej wilgotności również na glebach kompleksu żytniego dobrego. Pod gorczyce nie nadają się gleby nieprzepuszczalne i podmokłe (Wałkowski 1997; Muśnicki 1999). Gorczyca sarepska ma większe wymagania glebowe i wymaga lepszych warunków wilgotnościowych niż gorczyca biała. Największe wymagania glebowe ma gorczyca czarna. Zaleca się ją uprawiać tylko na glebach pszenno-buraczanych. Zdolność gorczyc do uruchamiania trudno przyswajalnych składników z gleby sprawia, że jako przedplon pozostawiają one glebę (stanowisko) dość silnie wyczerpane (Muśnicka 1989).

Ze względu na szybkie wschody i duże przyrosty zielonej masy gorczyca biała w płodozmianie jest bardzo cenną rośliną uprawianą jako międzyplon ścierniskowy na paszę, zielony nawóz lub mulcz dla roślin następczych. Dobrze wiąże w swojej biomasie duże ilości składników mineralnych (Bergstrom i Kirchmann 2004) oraz spośród wielu gatunków roślin uprawianych w międzyplonie ścierniskowym wykazuje największą wierność w plonowaniu, co można tłumaczyć jej dużą tolerancją na okresowe susze (Muśnicki i wsp. 1997; Toboła i Muśnicki 1999; Nowakowski i Szymczak-Nowak 2003b). Wykorzystana w uprawie międzyplonowej chroni glebę przed erozją i wymywaniem z gleby azotu, siarki i innych pierwiastków, a przyorana na zielony nawóz w korzystnych warunkach środowiskowych jest w stanie wytworzyć duży plon biomasy, porównywalny ze średnią dawką obornika (Wałkowski 1997; Toboła i Muśnicki 1999; Harasimowicz-Herman i Herman 2006; Nowakowski 2013). Gorczyca biała poprawia strukturę oraz właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby oraz ogranicza migrację biogenów do środowiska i zmniejsza nakłady na nawożenie roślin następczych. Penetrujące i zarazem rozluźniające glebę działanie korzeni gorczycy porównuje się z efektem orki lub głęboszowania (Nowakowski 2013). Po obumarciu systemu korzeniowego tworzy się sieć kanałów umożliwiających dotarcie wody i powietrza do głębszych warstw gleby i podglebia. Analiza wyników badań wielu autorów potwierdza dużą wartość nawozową międzyplonów ścierniskowych z gorczycy białej, o której decyduje plon wytworzonej i przyoranej masy organicznej oraz zawarte w nim składniki pokarmowe i stosunkowo wąski stosunek węgla do azotu. Z licznie opublikowanych prac wynika, że poziom plonów uzyskiwanych z uprawy w międzyplonie gorczycy jest zróżnicowany i uzależniony głównie od rozkładu opadów atmosferycznych,

temperatury powietrza, a także od typu gleby (Nowakowski i Szymczak-Nowak 2003b). W miarę wzrostu poziomu intensywności rolnictwa uprawa międzyplonów staje się coraz bardziej pożądana do utrzymania produkcyjnej funkcji gleby. Obecnie głównym celem ich uprawy jest podniesienie żyzności gleby na skutek poprawy bilansu substancji organicznej gleby. Współczesne rolnictwo, zwłaszcza to ukierunkowane na produkcję roślinną, cechuje bowiem ujemny bilans masy organicznej. Udana uprawa gorczycy białej może skutecznie go poprawić, szczególnie w stanowiskach po roślinach zbożowych i okopowych. Gorczyce wykazują duży potencjał do nagromadzenia składników mineralnych w plonie ogólnym międzyplonu ścierniskowego. Ponadto wykorzystanie tych składników pokarmowych przez roślinę następczą z przyoranych jako zielony nawóz międzyplonów ścierniskowych jest najczęściej większe niż obornika, co uwarunkowane jest szybszym rozkładem młodych części roślin.

Gorczyce są bardzo wartościowymi roślinami w zmianowaniach silnie zdominowanych przez zboża. Regenerują także stanowiska w płodozmianach z dużym udziałem roślin okopowych oraz po stosowaniu systemów z uproszczoną uprawą roli. Wobec coraz większego nasycenia zmianowań zbożami wzrasta znaczenie gorczycy białej jako rośliny poplonowej o szczególnym znaczeniu płodozmianowym, uzdrawiającej pola ze zbożowych chorób płodozmianowych (Muśnicki i Toboła 2000; Majchrzak i wsp. 2005). Gorczyce uprawiane po zbożach w poplonie ścierniskowym pełnią funkcję rośliny fitosanitarnej, ograniczającej ryzyko występowania chorób korzeni i podstawy źdźbła, przez co korzystnie wpływają na zdrowotność następujących po nich zbóż (Wałkowski 1997; Toboła 2010). Pobudzają one silnie biologiczną aktywność gleby, w wyniku czego rozwija się mikroflora glebowa, która pasożytuje na szkodliwych dla roślin uprawnych grzybach i nicieniach (Gutmański i wsp. 1999; Lütke-Entrup 2001). Ograniczanie patogenów, szkodników i chwastów w glebie wynika również z działania izotiocyjanianów, które po wymieszaniu z glebą międzyplonu zawierającego w biomasie glukozynolany ograniczają rozwój szeregu agrofagów (Buhre 2008). Badania wielu autorów (Szymczak-Nowak i wsp. 2002) wykazały także dobre odchwaszczające działanie uprawy samej gorczycy lub sianej w mieszance z innymi gatunkami jako poplon ścierniskowy. Gorczyca biała jest najbardziej niezawodną rośliną poplonową uprawianą na wszystkich rodzajach gleb. Uprawa gorczyc jako międzyplonu ścierniskowego lub plonu głównego poprawia wyraźnie jakość stanowiska, pozostawiając znaczne ilości rozkładającej się biomasy, która skutecznie ogranicza zachwaszczenie i rozwój szeregu patogenów, w wyniku czego zmniejszają się nakłady na nawożenie i ochronę oraz korzystnie wzrasta plonowanie roślin następczych. Znacząco poprawia ona efekt ekonomiczny prowadzonej produkcji roślinnej w całym płodozmianie, a także ma duże znaczenie dla ochrony zasobów gleby, wody i powietrza oraz zachowania różnorodności biologicznej. Międzyplony z gorczyc stanowią kluczowy element nowoczesnych technologii produkcji wy-

korzystujących efekt ekonomiczny wynikający z uproszczenia uprawy roli (Nowakowski 2013). W krajach Unii Europejskiej (UE) międzyplony uprawia się na szeroką skalę, a dominującymi w Niemczech gatunkami roślin międzyplonowych są: gorczyca biała (23%), rzodkiew oleista (11%) i facelia błękitna (3%) (Stockfisch 2006). W Polsce według danych Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR 2016) międzyplony uprawiane są aktualnie na 7% powierzchni gruntów ornych, czyli 860 tys ha. Największy udział ma gorczyca (51%), żyto ozime (24%), rzepak ozimy (12%), facelia (2%) i rzodkiew oleista (0,1%). Gorczycę białą w płodozmianie wysiewa się również jako roślinę podporową dla wiotkołodygowych form roślin strączkowych (grochy, wyka jara) w uprawie na nasiona czy zieloną masę (Toboła 2010).

Obecnie duże możliwości pozytywnego oddziaływania na glebę oraz uprawiane na niej rośliny daje uprawa nowych odmian gorczycy białej o wysokim potencjale plonowania i właściwościach fitosanitarnych. Wyhodowane w Oddziale Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego (IHAR – PIB) w Poznaniu odmiany gorczycy białej (Bamberka i Warta), oprócz skutecznego działania antymątwikowego i wysokiej wartości nawozowej, charakteryzują się także niską zawartością kwasu erukowego, a odmiana Warta także glukozynolanów (Piętka i wsp. 2010, 2014; Nowakowski 2013). Nowe, odporne na mątwika odmiany, w odróżnieniu od roślin żywicielskich, w tym także standardowych odmian gorczycy, nie zapewniają larwom nicienia wystarczających ilości pożywienia i giną z głodu. Odmiany „mątwikobójcze", znacznie ograniczające populację szkodliwych nicieni, wysiewane w międzyplonie ścierniskowym, znalazły szerokie zastosowanie w różnych formach uprawy konserwującej, zwłaszcza w gospodarstwach z dużym udziałem buraka w płodozmianie oraz na polach, na których stwierdzono występowanie mątwika burakowego (*Heterodera schachtii*) (Nowakowski 2010, 2013). Uprawa antymątwikowych odmian gorczycy w międzyplonie ścierniskowym prowadzi do redukcji populacji nicieni w glebie o 30–50%, natomiast w plonie głównym nawet o 50–90% (Nowakowski i Szymczak-Nowak 2003a; 2006). Odmiany, które nie mają właściwości biologicznego zwalczania mątwika powodują nawet kilkukrotne zwiększenie jego populacji, dlatego mogą być uprawiane po burakach tylko w wyjątkowych sytuacjach – na polach niezamątwiczonych. Wyniki badań wykazały korzystne efekty mulczowania pola, zwłaszcza fitosanitarnego działania mulczów z gorczycy białej w płodozmianie z burakiem. Silnie redukują one nie tylko liczebność nicieni w glebie, ale także ograniczają porażenie roślin buraka przez sprawców zgorzeli siewek i chorób liści (mączniak prawdziwy, chwościk buraka, rdza buraka i brunatna plamistość liści buraka) (Gutmański 2000; Nowakowski 2013). Badania wykazały również, że uprawa niektórych odmian gorczycy białej wpływa korzystnie na ograniczanie populacji mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*), co ma istotne znaczenie praktyczne w efektywnym zmniejszaniu zagrożenia ze strony tego patoge-

na dla plonu ziemniaka (Wąsacz i Nowakowski 2011). Stosowanie płodozmianu z antymątwikowymi odmianami gorczycy to również jedyna dostępna metoda ograniczenia rozwoju *Rhizoctonia solani* i występowania rizoktoniozy na plantacjach buraka cukrowego i ziemniaka (Buhre 2008; Skonieczek i Nowakowski 2011).

Z badań Muśnickiego i wsp. (1997) wynika, że gorczyca biała jest najwierniej plonującą spośród jarych roślin oleistych. Według autorów, dynamiką wzrostu i potencjałem plonotwórczym przewyższa rzepak jary. Ze względu na jej liczne zalety, w połączeniu z dwuzerową (bezerukowa, bezglukozynolanowa) jakością nasion nowych odmian, gatunek ten może być jarą rośliną oleistą, konkurencyjną wobec rzepaku jarego, zwłaszcza na słabszych kompleksach gleb. Gorczycę białą można uprawiać na terenie całego kraju, natomiast gorczycę sarepską i czarną w rejonach odpowiednich dla rzepaku jarego. Zielonka i Szczebiot (2001) twierdzą, że gorczyca w praktyce plonuje znacznie poniżej swego potencjału genetycznego, co jest spowodowane m.in. uprawą tego gatunku po niekorzystnych przedplonach.

2. Przygotowanie gleby

Gorczyce uprawiane na nasiona

Uprawa gorczyc przeznaczonych na nasiona jest podobna do uprawy rzepaku jarego i powinna być równie staranna. Staranne przygotowanie roli jest koniecznym warunkiem wczesnych i pełnych wschodów oraz prawidłowego rozwoju roślin, co jednocześnie umożliwia ujawnienie zawartego w informacji genetycznej potencjału plonowania. Analogicznie, jak w przypadku rzepaku, zabiegi uprawowe pod gorczyce są determinowane przez gatunek rośliny przedplonowej. Po wczesnych przedplonach pole się podoruje i natychmiast bronuje. W miarę pojawiania się chwastów bronowanie należy powtarzać. O intensywności i sposobie zwalczania chwastów decyduje zarówno stan, jak i typ zachwaszczenia. W przypadku występowania chwastów rozłogowych można je zwalczać mechanicznie, wykorzystując bronę talerzową, a po zazielenieniu się – przyorać pługiem z przedpłużkiem na głębokość przekraczającą 25 cm lub, gdy chwasty wytworzą 4–6 liści, można zastosować herbicyd dolistny o działaniu układowym. Chwasty rozłogowe zwalcza się także herbicydami na polu niepodoranym, gdy wytworzą co najmniej 3 liście. Po całkowitym zniszczeniu perzu, czego należy oczekiwać nie wcześniej niż po trzech tygodniach od zastosowania herbicydu, pole można zaorać. Po przedplonach późnych, takich jak ziemniaki i poplony ścierniskowe, na polach niezachwaszczonych można od razu przeprowadzić orkę przedzimową. Warunkiem przeprowadzenia tego zabiegu jest odpowiednie uwilgotnienie gleby. Gleba nie powinna być ani zbyt wilgotna, ani nadmiernie przesuszona. Przeprowadze-

nie orki przy nieodpowiednim uwilgotnieniu niszczy strukturę gleby i w konsekwencji niekorzystnie wpływa na jej możliwości gromadzenia wody. Orkę należy koniecznie przeprowadzić jesienią. Wiosenna orka jest niewskazana, ponieważ przyczynia się do przesuszenia gleby i opóźnienia terminu siewu, co znacząco ogranicza możliwość wykorzystania wody pozimowej przez roślinę uprawną. Efektem przeprowadzenia orki w terminie wiosennym jest spowolniony rozwój rośliny uprawnej i jej mniejsza konkurencyjność w stosunku do szybciej rozwijających się w warunkach posusznych chwastów. Magazynowaniu wody przez glebę sprzyja przeprowadzenie orki jesienią. Gleba zaorana przed zimą i pozostawiona w ostrej skibie dobrze chłonie wodę, a poddana oddziaływaniu mrozu nabiera struktury gruzełkowej. Orkę przedzimową wykonuje się na głębokość ok. 20 cm (Wałkowski 1997; Budzyński 2010). Tylko po ziemniakach można ją spłycić do 15 cm, a pług zastąpić gruberem (Budzyński 2010).

Prace wiosenne rozpoczyna się po obeschnięciu wierzchołków skib. Sposób uprawy zależny jest od zwięzłości gleby. Na glebach lżejszych pole wyrównuje się włóką, a na cięższych broną. Po bezśnieżnej zimie może zajść konieczność spulchnienia gleby za pomocą ciężkich bron lub grubera (Budzyński 2010). Do uprawy przedsiewnej wykorzystuje się kultywator lub ciężkie brony sprzężone z wałem strunowym. Za najlepsze narzędzia do doprawiania gleby do siewu uważane są agregaty wyposażone w dwie sekcje wałów – przednią i tylną. Aby zapewnić płytkie umieszczenie nasion w czasie siewu, głębokość uprawy przedsiewnej powinna być nieznacznie większa od głębokości siewu.

Uprawę gorczycy znacznie upraszcza pozostawienie do wiosny międzyplonu ścierniskowego z przeznaczeniem na mulcz. W tym przypadku uprawa roli ogranicza się do pocięcia i wymieszania resztek pożniwnych z glebą na głębokość 10–15 cm (Budzyński 2010). Liczba przejazdów agregatu i głębokość uprawy zależna jest od masy resztek pożniwnych i zwięzłości gleby. Przerastające mulcz chwasty należy zwalczać jeszcze przed siewem gorczyc herbicydem o działaniu totalnym. Z powodu niskiego kosztu nasion, szybkiego tempa wzrostu i mało zdrewniałej masy roślinnej za najlepszy międzyplon wykorzystywany jako mulcz dla gorczyc uważana jest facelia błękitna. Wykorzystanie do tego celu roślin strączkowych ogranicza wyższy koszt nasion. Natomiast ze względu na ryzyko wystąpienia grzybów chorobotwórczych, nie zaleca się przeznaczać na mulcz zarówno gorczyc, jak i rzodkwi.

Gorczyce uprawiane na poplon

Z powodu szybkich wschodów i dużych przyrostów zielonej masy w uprawie międzyplonowej praktyczne znaczenie ma tylko gorczyca biała. Uprawa przedsiewna roli w tym przypadku sprowadza się do spłyconej orki przykrywającej ścierń lub uprawy bezpłużnej, kruszącej glebę bez jej odwracania. Wałkowski (1997) na glebach lżejszych zaleca podorywkę lub talerzowanie na głębokość do

10 cm, a na glebach cięższych orkę na głębokość 14–16 cm. W celu ograniczenia liczby przejazdów należy zagregatować z pługiem wał Campbella lub wał specjalny. Zabiegi uprawowe należy wykonać starannie, aby zwiększyć prawdopodobieństwo wczesnych i pełnych wschodów oraz szybkiego rozwoju roślin i przyczynić się do dynamicznego przyrostu zielonej masy.

3. Zintegrowany system nawożenia

Zintegrowany system nawożenia umożliwia zarówno zaspokojenie potrzeb pokarmowych rośliny uprawnej, jak i utrzymanie zasobności gleby na odpowiednim poziomie. System ten uwzględnia interakcyjne oddziaływanie aplikowanych składników i tym samym przyczynia się do wzrostu efektywności i opłacalności nawożenia. Zintegrowany system nawożenia bazuje na teorii minimum Sprengela spopularyzowanej przez Liebiga jako prawo minimum, według którego rozwój organizmu jest ograniczany czynnikiem będącym w minimum. W zintegrowanym systemie nawożenia należy uwzględnić trzy grupy zabiegów:

1) regulację odczynu pH i zasobności w fosfor (P) i potas (K);
2) nawożenie azotem (N);
3) nawożenie pozostałymi składnikami pokarmowymi (makro- i mikroelementami).

Warunkiem koniecznym do prawidłowego rozwoju gorczyc jest zapewnienie optymalnego odczynu pH gleby (6–6,8), od którego zależy dostępność składników pokarmowych i tym samym efektywność nawożenia. Istotne jest również utrzymanie w zmianowaniu zasobności gleby w fosfor i potas na poziomie zbliżonym do wymagań rośliny uprawnej, ponieważ zasobność gleby w dużej mierze decyduje o dostępności tych składników, co znacząco oddziałuje na efektywność nawożenia najistotniejszego dla plonowania pierwiastka, jakim jest azot. Na drugi element zintegrowanego systemu składa się określenie poziomu nawożenia i aplikacja nawozów azotowych. Natomiast trzecim elementem jest nawożenie pozostałymi niezbędnymi do rozwoju roślin składnikami pokarmowymi, które również wspomagają plonotwórczą efektywność azotu.

3.1. Wymagania pokarmowe

Gatunki z rodziny kapustowatych (Brassicaceae) wykazują duże zapotrzebowanie na składniki pokarmowe (Jasińska i Kotecki 1994). Gorczyca biała ma umiarkowane potrzeby. Na wytworzenie 1 t nasion, wraz z odpowiadającym mu plonem słomy, gorczyce potrzebują około 50–55 kg azotu (N), 12 kg fosforu (P)

i 57 kg potasu (K) (Toboła 2010). Podobnie jak inne rośliny kapustne, gorczyce pobierają znaczne ilości magnezu i siarki (4 kg Mg i 20–25 kg S na 1 t nasion). Spośród mikroelementów duże zapotrzebowanie wykazują na bor (B), a czasami także na sód (Na) (Wałkowski 1997).

MAKROELEMENTY

Wapń

Podstawą prawidłowego wzrostu roślin oraz efektywnego wykorzystania składników pokarmowych, zarówno zawartych w glebie, jak i dostarczonych w nawozach mineralnych jest uregulowany w stosunku do biologicznych wymagań danej rośliny odczyn gleby. Wszystkie gatunki gorczyc wymagają gleb zasobnych w wapń i obojętnego odczynu gleby mieszczącego się w granicach 6–6,8 pH. Odczyn gleby nie tylko kształtuje jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne, ale również decyduje o tym, czy dany składnik pokarmowy zostanie przez roślinę pobrany z gleby i w jakiej ilości (Grzebisz i wsp. 2005). Nieregularne stosowanie nawozów wapniowych powoduje wypieranie wapnia z kompleksu sorpcyjnego i stopniowy wzrost zakwaszenia gleby. Na glebach zakwaszonych gorczyce rosną gorzej i słabiej plonują (Toboła 2010). W Polsce gleby kwaśne i bardzo kwaśne stanowią, niestety, ciągle duży odsetek gruntów ornych (około 50%), dlatego zakwaszenie gleb jest ważnym problemem w polskim rolnictwie.

Wapń nie tylko reguluje odczyn i strukturę gleby, ale jest także cennym składnikiem pokarmowym, niezbędnym do prawidłowego wzrostu i rozwoju gorczycy. W roślinie przemieszcza się słabo, stąd konieczność stałej jego obecności w środowisku glebowym, aby rośliny mogły go pobierać przez cały okres wegetacji. Wapń intensyfikuje podziały komórkowe oraz modyfikuje procesy enzymatyczne, a także odpowiada za stabilizację błon komórkowych i ograniczenie ich przepuszczalności.

Fosfor

Fosfor bierze aktywny udział w wielu najważniejszych procesach biochemicznych, takich jak: fotosynteza, oddychanie, metabolizm tłuszczowy, przemiany azotowe, a także w syntezie tłuszczu i białka. W początkowej fazie wegetacji jest niezbędny do tworzenia sytemu korzeniowego, co ma duże znaczenie dla dynamiki pobierania składników pokarmowych w fazach krytycznych oraz większej tolerancji na stresy wywołane niedoborem wody. Dzięki silnemu systemowi korzeniowemu gorczyca biała dobrze wykorzystuje trudno dostępne składniki pokarmowe znajdujące się w glebie (Muśnicki 1999). Optymalnie zaopatrzone w fosfor rośliny harmonijnie się rozwijają, są odporniejsze na wyleganie i na ujemne

skutki przenawożenia azotem. Aby wyprodukować 1 dt nasion wraz z odpowiadającym jej plonem słomy, gorczyca musi pobrać około 1,2 kg fosforu.

Potas

Potas, w przeciwieństwie do azotu i fosforu, nie wchodzi w skład trwałych związków organicznych w roślinie, przez co jest pierwiastkiem bardzo mobilnym, łatwo przemieszczającym się z liści starszych do młodszych. Mobilny jon potasu w roślinie zarządza gospodarką wodną, regulując wraz z sodem, wapniem i magnezem uwodnienie plazmy. Ponieważ jest aktywatorem licznych reakcji enzymatycznych, uczestniczy tym samym w powstawaniu, przemianie i transporcie asymilatów w roślinie. Przeciwdziała skutkom suszy oraz różnego rodzaju innym stresom. Gorczyce, podobnie jak inne rośliny kapustowate, wykazują na potas duże zapotrzebowanie (5,7 kg potasu na 1 dt nasion).

Azot

Pierwiastkiem pokarmowym najbardziej efektywnym w kształtowaniu plonu roślin jest azot – podstawowy składnik białek i kwasów nukleinowych, z których zbudowane są żywe części komórki. Odpowiednia dostępność tego pierwiastka w glebie jest niezbędna do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Na wytworzenie 100 kg nasion (z odpowiadającą ilością słomy) gorczyce potrzebują około 5 kg dostępnego azotu. Należy pamiętać, że przetworzenie tego składnika na plon jest w pełni możliwe tylko w warunkach optymalnego odżywienia gorczycy pozostałymi składnikami pokarmowymi.

Azot glebowy występuje głównie w postaci organicznej: w próchnicy, resztkach pożniwnych i w biomasie, a tylko niewielką jego część (około 1–2%) stanowią formy mineralne [amonowa – NH_4^+; azotanowa(V) – NO_3^- i azotanowa(III) – NO_2^-)], bezpośrednio przyswajalne przez rośliny. Azot w glebie podlega złożonym procesom (mineralizacji, wymywaniu, denitryfikacji, pobieraniu przez rośliny), na które istotny wpływ mają czynniki siedliskowe, klimatyczne i agrotechniczne. Zawarty w materii organicznej azot, aby mógł być pobrany przez rośliny, musi ulec w glebie mineralizacji, w trakcie której powstają przyswajalne formy azotu mineralnego. Azot mineralny niepobrany przez rośliny może być łatwo wymywany poza strefę korzeniową. Jest to bardzo ważne zarówno ze względów produkcyjnych, jak i środowiskowych.

Siarka

Gorczyce, tak jak wszystkie rośliny kapustowate, wykazują duże zapotrzebowanie na siarkę. Aby wytworzyć 1 t nasion, pobierają 20–25 kg siarki (S) (Toboła 2010). Obecnie potrzeby te często przewyższają ilość dostępnej siarki w glebie, bowiem coraz mniejsze jej ilości przedostają się do gleby z atmosfery w postaci mokrego i suchego opadu (Motowicka-Terlak i Terlak 1998; Orlovius 2000).

Siarka jest podstawowym i niezbędnym składnikiem pokarmowym warunkującym prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Jako ważny składnik związków strukturalnych (aminokwasy, białka, enzymy i in.) jest niezbędna do przebiegu najważniejszych procesów metabolicznych w roślinie, takich jak: synteza białek, węglowodanów, tłuszczów i chlorofilu, a także bierze udział w fotosyntezie. Aminokwasy siarkowe: cystyna, cysteina i metionina (Lityński i Jurkowska 1982), tworzą strukturę białek, a także są prekursorami innych ważnych związków, takich jak: glutation, tiamina (witamina B1), biotyna (witamina H), koenzym A, kwas liponowy, tioredoksyny oraz sulfolipidy (Zhao i wsp. 1999). Siarka aktywizuje wiele enzymów w komórce oraz bierze udział w reakcjach oksydoredukcyjnych, enzymatycznych, a także w syntezie ligniny. Szczególną rolę odgrywa w metabolicznych przemianach azotu, zwiększając szybkość procesów transformacji pobranego przez roślinę azotu w białko (Rice 2007). Siarka jest ważnym składnikiem glukozynolanów (tioglikozydów lotnych olejków gorczycznych), specyficznej grupy glukozydów charakterystycznych dla roślin z rodziny Brassicaceae i Liliaceae (Oleszek 1995). Pełnią one w roślinach funkcje obronne i ochronne. W gorczycy białej występuje sinalbina, a w gorczycy sarepskiej i czarnej – sinigryna. Glukozynolany, pod wpływem enzymu mirozynazy uruchamianej w trakcie uszkodzenia tkanek roślin lub enzymów flory bakteryjnej przewodu pokarmowego zwierząt, łatwo przekształcają się w toksyczne związki o charakterze nitryli, tiocyjanianów, izotiocyjanianów i cyjanoepitioalkanów (izotiocyjanianin allilu u gorczycy sarepskiej i czarnej oraz p-hydroxbenzyl izotiocyjanianu u gorczycy białej). Łatwo przemieszczają się one przez błony komórkowe i mogą powodować podrażnienia skóry oraz ujemnie oddziaływać na pracę serca i nerek, a także mogą wywoływać zapalenia oskrzeli, płuc i biegunki (Sawicka i Kotiuk 2007). Badania wykazują także, że produkty rozpadów glukozynolanów mają działanie pozytywne (prozdrowotne) – obniżają ryzyko nowotworów płuc, żołądka, okrężnicy i odbytnicy. Lotne olejki gorczyczne wykazują silne działanie rozgrzewające i pobudzające.

Podobnie jak w przypadku azotu, pierwotnym dla roślin źródłem siarki w glebie jest materia organiczna. Generalnie 75–95% siarki w wierzchniej warstwie gleby znajduje się w substancji organicznej, której mineralizacja stanowi główne źródło tego pierwiastka dla roślin w okresie wegetacji. W tym złożonym procesie siarka ze związków organicznych, przy udziale mikroorganizmów (bakterii z rodzajów: *Thiobacillus*, *Thiobacterium*, *Sulfolobus*, *Thiospira* i in.) i enzymu sulfatazy oraz w odpowiednich warunkach temperatury, pH i wilgotności, przechodzi w związki nieorganiczne – siarczany przyswajalne przez rośliny (Freney i Williams 1983). Siarka siarczanowa S-SO_4 jest łatwo pobierana przez rośliny, a jednocześnie jest formą mało stabilną, łatwo ulegającą wymywaniu (Motowicka-Terelak i Terelak 1998; Szopka i wsp. 2011). W Polsce ponad połowa gleb wykazuje niską zasobność w siarkę (<10 mg/100 g gleby), przy czym wiele z nich, zwłaszcza

gleby lżejsze, a także średnie, zawiera poniżej 1 mg siarki mineralnej na 100 g gleby (Motowicka-Terelak i Terelak 1998; Gaj i Klikocka 2011).

Magnez

Podobnie jak inne rośliny kapustowate, gorczyce wykazują dość duże zapotrzebowanie na magnez. Pierwiastek ten w istotny sposób decyduje o efektach produkcyjnych, bowiem jako składnik chlorofilu pełni w roślinie wiele ważnych funkcji życiowych. Jest aktywatorem procesów odpowiedzialnych za pobieranie składników mineralnych z gleby, a także aktywuje układy enzymatyczne regulujące ważne procesy w roślinie (fotosyntezę, przemiany energetyczne, syntezę węglowodanów, białek i tłuszczów).

Do wytworzenia 1 t nasion i odpowiedniej masy słomy gorczyce potrzebują około 4 kg magnezu. Duże potrzeby względem tego pierwiastka sprawiają, że gorczyce, podobnie jak rzepak, wymagają gleb o wysokiej zasobności w magnez – nie mniejszej niż 5 mg/100 g gleby na glebach lekkich i 6 mg/100 g gleby na glebach średnich (Grzebisz i Härdter 2006). W Polsce ponad 60% gleb wykazuje niską zasobność w magnez. Ponadto jego pobranie jest wyraźnie mniejsze w warunkach gleb kwaśnych, a także jest często ograniczane przez susze glebowe występujące w okresie intensywnego wzrostu biomasy roślin gorczycy (Dzieżyc 1988).

MIKROELEMENTY

W praktyce bardzo często nie uwzględnia się zapotrzebowania roślin na mikroelementy. Mimo że potrzebne są roślinom w małych ilościach, pełnią bardzo ważne funkcje i decydują często o prawidłowym wykorzystaniu pozostałych składników. Oprócz ważnej roli fizjologicznej dla roślin, mikroelementy mają również znaczenie plonotwórcze. Są one przede wszystkim katalizatorami reakcji enzymatycznych. Wiele procesów w roślinie (np. synteza tłuszczu, białka) wymaga odpowiedniej aktywności enzymatycznej, na którą istotny wpływ ma obecność mikroelementów w tkankach roślinnych. Naturalnym źródłem wszystkich składników pokarmowych jest gleba, z której roślina pobiera je zgodnie ze swymi potrzebami. Nie zawsze jednak potrzeby rośliny mogą być w pełni pokryte z zasobów naturalnych gleby.

Bor

Spośród mikroelementów największe zapotrzebowanie gorczyce wykazują na bor. Badania w kraju i zagranicą dowodzą, że jest on jednym z najbardziej deficytowych pierwiastków pokarmowych dla roślin (Finck 1982; Czuba 2000). Ponad 79% gleb w Polsce wykazuje niską zasobność w bor. Dotyczy to zwłaszcza gleb lekkich i kwaśnych wytworzonych z piasków o dużej przepuszczalności (Dębow-

ski i Kucharzewski 2000). Bor nie ulega w glebie sorpcji i łatwiej niż inne mikroelementy wymywany jest z gleby, zwłaszcza z gleb lekkich. Straty powodowane pobieraniem tego pierwiastka z plonem i wymywaniem z gleby są zdecydowanie wyższe niż jego przychody (mineralizacja, nawożenie) (Budzyński 2010). Przez rośliny pobierany jest przede wszystkim biernie, z ruchem wody, dlatego jego niedobory występują w latach suchych (Szukalski 1979).

Pierwiastek ten odgrywa ważną rolę w przemianach węglowodanów do tłuszczów, a także w syntezie kwasów nukleinowych i fitohormonów, w tym także fitohormonów wzrostu. Bierze udział w podziałach i różnicowaniu się komórek stożków wzrostu łodyg oraz korzeni, dlatego dostępność tego pierwiastka wpływa na prawidłowy rozwój korzeni i szybki wzrost roślin. Bor wpływa na tworzenie się organów generatywnych – wykształcenie kwiatów, nasion i łuszczyn. Reguluje także gospodarkę wodną rośliny. Bor jest najlepiej pobierany z gleb dobrze uwilgotnionych, o uregulowanym odczynie, w zakresie pH od 5,5 do 6,5. Wzrost odczynu gleby (pH powyżej 6,5) znacznie ogranicza możliwość pobierania tego mikroskładnika. Bor jest słabo pobierany na glebach świeżo wapnowanych.

3.2. Potrzeby nawozowe

Określają one ilość składników pokarmowych, jakie należy dostarczyć roślinie w nawozach, aby w pełni pokryć ich potrzeby pokarmowe i uzyskać wysokie plony. Przy ustalaniu wysokości dawek poszczególnych składników pokarmowych należy uwzględnić zasobność gleby w przyswajalne składniki pokarmowe, pH gleby, rodzaj przedplonu oraz wysokość oczekiwanego plonu. Jednocześnie należy pamiętać, aby planowane dawki nawozów zapewniały nie tylko uzyskanie wysokiego plonu, ale także gwarantowały utrzymanie zasobności gleby w podstawowe składniki pokarmowe na poziomie pozwalającym wysoko plonować roślinom następczym. Z zawartych w glebie składników pokarmowych najlepiej korzysta gorczyca biała, najgorzej zaś gorczyca czarna. Jednak biorąc pod uwagę wysokość plonowania, potrzeby nawozowe trzech gatunków gorczyc są podobne.

MAKROELEMENTY

Wapń

Regulacja odczynu gleby jest podstawą nawożenia roślin. Aby utrzymać właściwe pH gleby i jej zasobność w wapń, pola powinny być wapnowane regularnie w zmianowaniu (co najmniej jeden raz w 4-letniej rotacji) (Muśnicka 1989). Wapń wolno wchodzi w reakcję z glebą, dlatego najlepiej wykonać ten zabieg pod przedplon. Jeżeli gleba, na której ma być uprawiana gorczyca jest kwaśna,

konieczne jest wapnowanie bezpośrednio po zbiorze przedplonu, na ścierń pod podorywkę. Wysokość dawki nawozu wapniowego można określić na podstawie analiz gleby, według kwasowości hydrolitycznej. Nawozy wapniowe zawierające tlenek wapnia (CaO) w dawce 1–1,5 t/ha stosuje się na glebach zwięzłych, a wapno węglanowe ($CaCO_3$) w dawce 2–3 t/ha na glebach lżejszych (Wałkowski 1997). Na glebach ubogich w magnez należy stosować wapno magnezowe bądź magnezowo-tlenkowe (gleby zwięzłe) lub wapno magnezowo-węglanowe (gleby lżejsze).

Wapnowanie, oprócz pozytywnego wpływu na strukturę gleby i jej odczyn, długotrwale poprawia żyzność gleby, korzystnie oddziałując na równowagę jonową w glebie i likwidując toksyczny wpływ glinu i manganu. Poprawia także warunki rozkładu materii organicznej i efektywności działania organizmów bytujących w glebie oraz zwiększa wykorzystanie przez rośliny nawozów mineralnych. W glebach o uregulowanym odczynie regularne wapnowanie równoważy zakwaszające działanie nawozów mineralnych i uzupełnia ubytek kationów wapnia i magnezu w glebie wskutek wymywania.

Fosfor i potas

Wielu autorów podkreśla, że odpowiednia ilość przyswajalnego fosforu i potasu w glebie stanowi jeden z warunków uzyskania wysokich i stałych plonów nasion. Uważają oni, że zasobność gleby w przyswajalny fosfor i potas jest podstawą do określenia dawek nawozowych fosforu i potasu (Grzebisz i wsp. 2005; Wałkowski i wsp. 2006). Toboła (2010) twierdzi, że aby określić potrzebne dawki nawozowe tych składników, wystarczy ilości wyznaczające potrzeby pokarmowe przemnożyć przez odpowiednie współczynniki przeliczeniowe, które zależą od zasobności gleby w przyswajalny fosfor i potas (tab. 1). Obok zasobności gleby w fosfor i potas podstawą określenia potrzeb nawozowych jest przedplon oraz poziom oczekiwanych plonów. Po roślinach zbożowych stosuje się dawki wyższe (zwłaszcza gdy słoma jest zbierana z pola), a po okopowych uprawianych po oborniku niższe, bowiem gorczyca dobrze wykorzystuje składniki pokarmo-

Tabela 1. Współczynniki przeliczania pobrania fosforu i potasu na dawki nawozowe (Toboła 2010)

Klasa zasobności gleby	Fosfor	Potas	Magnez (gleby średnie)
Bardzo niska	2,0	1,7	3,0
Niska	1,5	1,5	2,5
Średnia	1,15	1,2	1,5
Wysoka	0,7	0,9	1,0
Bardzo wysoka	0,35	0,5	0,0

we pochodzące z obornika danego pod przedplon (Muśnicka 1989). Optymalna dawka fosforu powinna wynosić 30–60 kg/ha P_2O_5, zaś potasu 80–120 kg/ha K_2O. Dawki niższe należy stosować po przedplonach na oborniku, wyższe natomiast na stanowiskach bez obornika. Nawożenie fosforem i potasem powinno zapewnić nie tylko niezbędną ilość tych składników dla roślin, ale także uwzględnić tzw. naddatek na poprawę zasobności gleby w ilości 25% (w stosunku do pobrania) na glebach o niskiej zawartości składnika i 50% na glebach o zawartości bardzo niskiej. Grzebisz i wsp. (2005) uważają, że podstawą systemu nawożenia P i K powinien być bilans obu składników w całym zmianowaniu. Gwarantuje on utrzymanie odpowiedniego poziomu tych składników w glebie.

Przenawożenie potasem zmniejsza zdolność roślin do pobierania magnezu i wapnia, natomiast zwiększa zasolenie gleby i trudności w pobieraniu wody przez rośliny (Muśnicka 1989). Pod gorczyce uprawiane na niskich torfach i murszach stosuje się nawożenie fosforowe w ilości 40–60 kg/ha P_2O_5 i potasowe 100–140 kg/ha K_2O (Wałkowski 1997).

Aby uzyskać wysokie plony gorczycy uprawianej w międzyplonie na zieloną masę, należy stosować pełne nawożenie NPK. W zależności od rośliny w plonie głównym i zasobności gleby zaleca się stosować 30–50 kg/ha P_2O_5 i 50–70 kg/ha K_2O. Ścisłe badania polowe wykazały, że na stanowiskach o niskiej zasobności w potas nawożenie tym składnikiem w ilości do 100 kg/ha przyczynia się do istotnego wzrostu biomasy międzyplonu z gorczycy (Nowakowski i Szymczak-Nowak 2003a).

Spośród nawozów fosforowych zalecane jest stosowanie superfosfatu, najlepiej prostego, który oprócz 19% fosforu (P_2O_5) zawiera 25% tlenku wapnia (CaO), 32% siarki (SO_3), a także mikroelementy (np. 0,7% boru). Potas jest dostarczany głównie w formie wysokoprocentowych soli potasowych, kainitu lub kamexu, a także w siarczanie potasu. Ten ostatni związek zawiera ważny składnik, jakim jest siarka. Najbardziej racjonalne jest stosowanie nawozów wieloskładnikowych o składzie i stosunku P : K odpowiadającym potrzebom nawozowym i dostosowanym do zasobności gleby. Nawozy te zawierają również azot, a często także magnez, siarkę, sód i niezbędne mikroelementy. Potas w nich zawarty może być przez gorczycę w niektórych warunkach glebowych lepiej wykorzystany niż z wysokoprocentowych soli potasowych (Wałkowski 1997; Wałkowski i wsp. 2006).

Azot

Spośród wszystkich makroskładników azot jest najsilniej działającym czynnikiem plonotwórczym dla gorczycy białej (Szyrmer 1974). Korzystnie wpływa na masę wegetatywną (Nowakowski i wsp. 2014), a także na liczbę łuszczyn na roślinie, masę nasion i plon nasion z rośliny (Paszkiewicz-Jasińska 2005). Nawożenie azotem wymaga precyzyjnego określenia dawki. Azot jest składnikiem łatwo wymywanym z gleby, dlatego powinien być stosowany w ilościach, które zostają

możliwie szybko pobrane przez rośliny. Niedobór azotu powoduje zahamowanie wzrostu, przyspieszenie kwitnienia i przedwczesne dojrzewanie, co przyczynia się do znacznego spadku plonu. Nie należy również stosować zbyt dużych dawek azotu. Nadmiar lub jednostronne nawożenie jest szkodliwe zarówno dla samej rośliny (powoduje zbyt bujny wzrost roślin, opóźnia dojrzewanie nasion oraz znacznie zwiększa podatność roślin na wyleganie i porażenie przez grzyby chorobotwórcze), jak i dla środowiska (skażenie wód gruntowych azotanami) (Wojcieska 1994; Mercik 1997).

Podstawą racjonalnego nawożenia roślin azotem powinien być bilans uwzględniający z jednej strony potrzeby roślin względem tego pierwiastka, a z drugiej strony ilość dostępnego w glebie azotu mineralnego (N_{min}) pochodzącego z mineralizacji substancji organicznej (próchnicy, resztek pożniwnych i obornika) oraz pozostałości nawozów mineralnych stosowanych pod przedplon (Toboła 2010). Ilość azotu mineralnego pośrednio zależy od rodzaju gleby, przedplonu oraz poziomu nawożenia organicznego i mineralnego roślin przedplonowych, a także od ilości opadów w zimie (Wałkowski i wsp. 2006). W glebach piaszczystych zawartość N_{min} wynosi 10–40 kg/ha, a w glebach średnich i dobrych może wynosić 60–90 kg/ha. Zatem po odjęciu od wymagań pokarmowych ilości azotu glebowego i po uwzględnieniu stopnia wykorzystania azotu z nawozów otrzymujemy potrzebną do zastosowania dawkę azotu.

W zależności od rodzaju gleby i przedplonu orientacyjne dawki azotu wynoszą 60–120 kg/ha. Jeśli gorczyca uprawiana jest na glebie średniej w stanowisku po roślinach zbożowych, można zastosować 80–120 kg/ha. W stanowisku po okopowych nawożonych obornikiem dawka azotu wynosi 80 kg/ha. Jeśli przedplonem były rośliny motylkowe, to wystarczy zastosować nawożenie w dawce 60 kg/ha N. Wyniki wielu badań ścisłych wykazały, że nawożenie azotem miało istotny wpływ na większość cech struktury plonu (liczbę łuszczyn na roślinie i liczbę nasion w łuszczynie, masę 1000 nasion i masę nasion w łuszczynie) oraz wzrost plonu nasion gorczycy białej (Jasińska i Kotecki 1994; Budzyński i Jankowski 2001). Badania Paszkiewicz-Jasińskiej (2005) wykazały, że w warunkach Niżu Dolnośląskiego najbardziej efektywne nawożenie azotem tej rośliny wynosiło 120 kg/ha. Istotną zwyżką plonu nasion gorczyca reagowała na nawożenie pogłówne azotem. Budzyński i Jankowski (2001) wykazali, że najkorzystniejszym sposobem pogłównego nawożenia azotem jest doglebowe zastosowanie 30 kg/ha N na początku pąkowania. W razie konieczności można zastosować dokarmianie dolistne gorczycy białej, stosując 5–6-procentowy roztwór mocznika. Nie większe niż 6-procentowe stężenie roztworu dotyczy również gorczycy sarepskiej i gorczycy czarnej. Badania Budzyńskiego i Jankowskiego (2001) wykazały, że bardzo pozytywnie na dokarmianie dolistne azotem reagowała gorczyca sarepska. Plonotwórczy efekt podziału dawki 30 kg/ha N i aplikacji jej części (5 kg/ha N) w formie wodnego roztworu mocznika był taki sam jak jednorazo-

we, doglebowe zastosowanie 60 kg/ha N. Nie należy zapominać, że na efektywność plonotwórczą azotu duży wpływ ma uwilgotnienie gleby oraz dostateczne pobranie i zaopatrzenie roślin w pozostałe składniki mineralne, zwłaszcza w magnez i siarkę (Muśnicki 1989). Nawożenia azotem nie wymagają gorczyce uprawiane na glebach torfowych.

Aby uzyskać wysokie plony gorczycy uprawianej w międzyplonie na zieloną masę, należy zastosować, w zależności od rośliny w plonie głównym i zasobności gleby, od 40 do 80 kg/ha N (Wałkowski 1997). Na stanowiskach o niskiej zasobności w azot nawożenie do 100 kg/ha N przyczyniało się do istotnego wzrostu plonu biomasy gorczycy, a w przypadku odmian antymątwikowych, także do silniejszej redukcji populacji *H. schachtii* w glebie (Nowakowski i Szymczak-Nowak 2003a).

Siarka

Siarkę przez wiele lat traktowano jako ważny element wzrostu roślin, ale nawożenia tym składnikiem nie uważano za konieczne, bowiem ilość siarki, jaka dostawała się do gleby wraz z zanieczyszczeniami z powietrza nie tylko pokrywała potrzeby roślin, ale często wywierała niekorzystny wpływ na ich rozwój. Ograniczenie ilości wprowadzanych do atmosfery związków siarki doprowadziło w krótkim czasie do zachwiania bilansu siarki w agroekosystemach, a w konsekwencji do wzrostu zainteresowania siarką jako składnikiem nawozowym roślin. Mniejsze ilości siarki, które znajdują się w powietrzu, nie pokrywają potrzeb pokarmowych roślin, zwłaszcza mających duże wymagania względem tego pierwiastka, jak np. rośliny kapustowate. Deficyt siarki jest wzmagany przez wiele czynników, wśród których do najważniejszych należą: łatwość wymywania tego pierwiastka przez opady atmosferyczne, spadek zużycia nawozów naturalnych, intensyfikacja produkcji oraz wzrost udziału roślin kapustowatych w strukturze zasiewów i ich uprawa na glebach lżejszych o małej zawartości próchnicy.

Obecnie niedobory siarki najsilniej uwidaczniają się na roślinach kapustowatych, zwłaszcza na rzepaku, ale występują również na innych gatunkach roślin, np. zbożach. Problemy z niedoborem siarki występują w całym kraju i będą narastać. W pierwszej kolejności dotyczą one gleb lżejszych z małą zawartością próchnicy i podatnych na wymywanie, a więc takich, na których często uprawiane są gorczyce. Niedobór siarki może wystąpić przede wszystkim w płodozmianach, w których nie stosuje się obornika, a zwłaszcza po łagodnych zimach z dużą ilością opadów (Toboła 2010; Wielebski 2013). Zazwyczaj nawożenie dawką 20–40 kg/ha S wystarcza do pełnego pokrycia zapotrzebowania roślin na ten składnik. Tylko w przypadku wystąpienia bardzo dużego niedoboru dawkę tę należy zwiększyć. Siarkę można zastosować w formie jednego z nawozów siarkowych, doglebowo (superfosfat prosty, siarczan amonu, salmag, siarczan potasu) lub dolistnie (siedmiowodny siarczan magnezu).

W wielu badaniach dotyczących rzepaku wykazano, że nawożenie siarką powoduje istotny wzrost plonu gorczycy, szczególnie w warunkach niedoboru lub niedostatecznego zaopatrzenia roślin w ten składnik (Bilsborrow i wsp. 1995; Jankowski i wsp. 2008; Wielebski 2013). Zielonka i Szczebiot (2001) w warunkach podstawowego nawożenia mineralnego gorczycy białej na poziomie 180 kg/ha NPK (60 + 35 + 75) nie stwierdzili istotnego efektu plonotwórczego nawożenia doglebowego siarką (36 kg/ha). W badaniach Budzyńskiego i Jankowskiego (2001) plonotwórczy efekt nawożenia siarką gorczycy białej był uzależniony od warunków atmosferycznych. W warunkach obfitych opadów w okresie kwitnienia uzupełnienie przedsiewnego nawożenia siarką (30 kg/ha S) było o około 10% bardziej plonotwórcze niż nawożenie magnezem. Według Mc Grath i Zhao (1996) odpowiednie zaopatrzenie roślin gorczycy w siarkę przyczynia się do zwiększenia zawartości tłuszczu w nasionach. Wielu badaczy (Zhao i wsp. 1997; Wielebski 2012) od dawna wskazuje na silną interakcję między nawożeniem siarką i azotem. Badania nad rzepakiem wykazały, że wpływając na gospodarkę azotem, który jest składnikiem najbardziej plonotwórczym, siarka bezpośrednio oddziałuje na plon nasion. Przyswajanie obu składników – azotu i siarki – jest zależne, a maksymalny plon można osiągnąć tylko wtedy, gdy obydwa składniki występują w optymalnej ilości.

Magnez

Dawka nawozowa magnezu zależy od zasobności gleby w ten pierwiastek, agronomicznej kategorii gleby i jej odczynu. Na glebie o średniej zasobności, aby uzyskać plon 2 t/ha należy zastosować magnez w dawce około 10 kg/ha. Nie ma potrzeby nawożenia tym składnikiem na glebach o bardzo wysokiej zasobności w przyswajalny magnez (Toboła 2010). Spośród dostępnych nawozów można zastosować kizeryt lub kainit, albo inny nawóz zawierający dodatek magnezu (mączki magnetyzowe, tzw. Rolmagi). W stanowiskach kwaśnych źródłem magnezu są nawozy wapniowe zawierające magnez. Dobrym rozwiązaniem (w warunkach suszy lub objawach niedoboru) jest podanie magnezu dolistnie w formie roztworu soli gorzkiej (siedmiowodny siarczan magnezu w 5-procentowym roztworze wodnym) do fazy zwartego, zielonego pąka.

MIKROELEMENTY

Bor

Gorczyce, podobnie jak inne kapustowate, wykazują duże zapotrzebowanie na bor. W przypadku niskiej zawartości tego pierwiastka w glebie (mniej niż 0,6 ppm na glebach lekkich, a 0,8 ppm na glebach zwięzłych) należy zastosować go przedsiewnie doglebowo (Muśnicki 1999; Toboła 2010). Najczęściej stosuje się superfosfat z dodatkiem boru lub boraks, bądź inny nawóz wieloskładnikowy do-

glebowy zawierający ten mikroelement. Można również zastosować nalistnie jeden z nawozów mikroelementowych, który zawiera duże ilości boru, a także inne mikroelementy. W ten sposób poprawia się również zaopatrzenie roślin w molibden, mangan i inne niezbędne mikroelementy, które biorą udział w przemianach związków azotowych, a ich niedobór powoduje zaburzenia w syntezie białek. Obecnie nawożenie mikroelementami polega na dolistnym odżywianiu roślin tymi składnikami. Dolistna aplikacja zwiększa wykorzystanie składnika i pozwala go zastosować w krytycznych dla zapotrzebowania fazach rozwoju rośliny.

3.3. Terminy nawożenia

GORCZYCE UPRAWIANE NA NASIONA

Wapnowanie

Wapnowanie zaleca się przeprowadzać regularnie w zmianowaniu. Na ogół nawozy wapniowe aplikuje się co cztery lata. Ochal (2012) przypomina, że wapna nie należy wysiewać podczas deszczowej pogody oraz na glebę nadmiernie wilgotną. Jeżeli gleba na polu przeznaczonym do uprawy gorczyc jest kwaśna, należy ją zwapnować. Wałkowski (1997) za najodpowiedniejszą porę wysiewu wapna bezpośrednio pod gorczyce uważa okres po zbiorze przedplonu – na ściernisko. Nawozy wapniowe można także zastosować przed orką przedzimową.

Nawożenie fosforem i potasem

Na glebach ciężkich całkowitą dawkę nawozów fosforowych i potasowych wysiewa się jesienią pod orkę przedzimową. Na glebach średnich nawóz fosforowy należy zastosować jesienią, natomiast dawkę nawozu potasowego należy podzielić tak, aby przynajmniej 50% składnika zastosować wiosną (Budzyński 2010). Na glebach lżejszych całkowitą dawkę fosforu i potasu zaleca się stosować wiosną (Budzyński 2010). W terminie wiosennym nawozy należy wysiać 10–14 dni przed siewem gorczyc i zabronować (Wałkowski 1997).

Nawożenie azotem

Na glebach cięższych azot stosuje się przed siewem gorczyc. Na glebach lżejszych, w celu ograniczenia niebezpieczeństwa wymywania tego składnika, 1/2–1/3 dawki zaleca się zastosować pogłównie w fazie formowania rozety. Pogłównego nawożenia nie należy stosować później niż do pełni pąkowania. Do nawożenia pogłównego zalecana jest szybciej działająca forma saletrzana. Natomiast dolistnie można zastosować mocznik (Czuba i wsp. 1995) w postaci 6-procentowego roztworu w dwóch zabiegach: (1) gdy rośliny osiągną wysokość około 15 cm i (2) w fazie zwartego grona pąków kwiatowych (1–2 tygodnie później).

Nawożenie siarką

Siarkę stosuje się doglebowo i dolistnie. Do doglebowego nawożenia wykorzystuje się superfosfat prosty, siarczan amonu, saletrę siarczanowo-amonową, siarczan potasu, salmag z siarką czy kizeryt. Dolistnie można dokarmiać gorczyce solą gorzką (siedmiowodny siarczan magnezu w 5-procentowym roztworze wodnym).

Nawożenie magnezem

Magnez stosuje się doglebowo jednocześnie z wapnowaniem gleb w formie wapna magnezowego. Ten sposób jest polecany szczególnie na glebach lekkich, zazwyczaj ubogich w ten składnik. Doglebowo można dostarczać magnez także z wieloskładnikowymi nawozami fosforowymi i potasowymi. W przypadku zauważalnych niedoborów zaleca się dolistne dokarmiane magnezem w postaci soli gorzkiej (Budzyński 2010).

Nawożenie mikroelementami

Mikroelementy dostarcza się doglebowo lub dolistnie. Nawożenie dolistne jest bardziej efektywne. Z powodu częstych niedoborów mikroelementów w glebie dolistne dokarmianie mikroelementami zaleca się wykonywać nie tylko interwencyjnie, ale także zapobiegawczo. Takie podejście pozwala zabezpieczyć roślinę przed utajonymi niedoborami mikroelementów skutkującymi powolniejszym rozwojem i niższym plonowaniem. Dolistnie mikroelementy aplikuje się 2–3-krotnie w czasie wegetacji w okresach intensywnego tworzenia się biomasy oraz organów generatywnych (z pominięciem okresu kwitnienia). Z uwagi na większą wilgotność, która ułatwia wchłanianie składników pokarmowych, efektywniej jest wykonywać zabiegi dolistnego dokarmiania w godzinach wieczornych.

GORCZYCE UPRAWIANE NA POPLON

Wszystkie nawozy należy stosować przedsiewnie, rozsiewając je na ścierń i przykrywając orką siewną (Wałkowski 1997).

3.4. Skutki błędów nawozowych

Błędy popełnione w trakcie nawożenia skutkują wolniejszym rozwojem, niższym plonowaniem i pogorszeniem jakości plonu gorczyc. Niezbilansowane nawożenie, nadmierne lub niewystarczające w stosunku do potrzeb, ogranicza wykorzystanie potencjału plonotwórczego rośliny uprawnej i obniża opłacalność uprawy.

MAKROELEMENTY

Wapń. Nieuregulowanie odczynu gleby skutkuje pogorszeniem właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby. W glebie kwaśnej wzrasta stężenie toksycznych dla roślin jonów żelaza, glinu i manganu. Efektem nieodpowiedniego pH gleby jest również obniżenie dostępności azotu, fosforu, potasu, wapna i magnezu oraz większości mikroelementów. Gorczyce należą do grupy roślin wrażliwych na kwaśny odczyn gleby (Hołubowicz-Kliza 2006). Nie znoszą gleb zakwaszonych. Nieuregulowanie odczynu gleby skutkuje wolniejszym rozwojem systemu korzeniowego oraz części nadziemnych.

Fosfor. Niedostateczne zaopatrzenie gorczyc w fosfor przyczynia się do ograniczenia rozwoju systemu korzeniowego, co tym samym skutkuje większą ich wrażliwością na okresowe niedobory opadów (Muśnicka 1989). Niedobór fosforu ogranicza także efektywność nawożenia azotem. W takich warunkach rośliny rozwijają się wolniej i słabiej plonują.

Potas. Niedobór potasu uniemożliwia prowadzenie racjonalnej gospodarki wodą, co zwiększa wrażliwość roślin na susze. Rośliny niedostatecznie zaopatrzone w ten składnik są wrażliwsze także na czynniki chorobotwórcze. Niepożądane jest również przenawożenie potasem, ponieważ ogranicza zdolność roślin do przyswajania magnezu i wapnia oraz przyczynia się do zwiększenia zasolenia gleb. W efekcie utrudnia to roślinom pobieranie wody i sprzyja ich więdnięciu (Muśnicka 1989).

Azot. Rośliny niedostatecznie zaopatrzone w azot są drobne i słabo rozwinięte. Powolny rozwój rośliny uprawnej ogranicza jej konkurencyjność w stosunku do chwastów oraz skutkuje mniejszą odpornością na abiotyczne i biotyczne czynniki stresowe. Niedobór azotu przyczynia się również do przedwczesnego kwitnienia i dojrzewania. Efektem niezaspokojenia potrzeb rośliny uprawnej w azot jest znaczne obniżenie plonu. Natomiast nadmierne i niezbilansowane nawożenie azotem skutkuje zbyt bujnym wzrostem części nadziemnych, czego efektem jest większa podatność na wyleganie. Nadmierne nawożenie tym składnikiem opóźnia także dojrzewanie nasion. Następstwem zbyt wysokiego nawożenia azotem jest również większa podatność roślin na choroby wywoływane przez grzyby, bakterie i wirusy (Muśnicka 1989).

Siarka. Objawów niedoboru siarki można oczekiwać po łagodnych i deszczowych zimach na glebach lżejszych, nienawożonych organicznie (Budzyński 2010). Przy niedoborze tego składnika liście żółkną i zwijają się. Objawy niedoboru ujawniają się najpierw na najmłodszych liściach. W warunkach niedoboru siarki rośliny słabiej wykorzystują azot, czego efektem jest wolniejszy rozwój i niższy poziom plonowania. Niewykorzystanie azotu z nawozów może skutkować zanieczyszczeniem wód gruntowych azotanami. Niekorzystne jest rów-

nież przenawożenie siarką, które wyraźnie przyczynia się do wzrostu zawartości glukozynolanów.

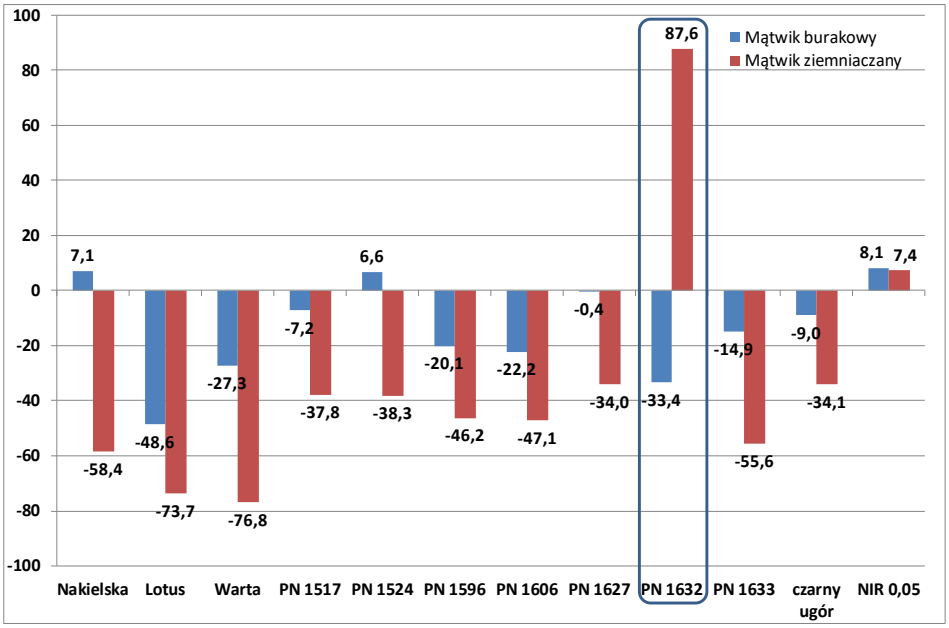
Magnez. Niedobór magnezu obserwowany jest najczęściej na glebach zakwaszonych. Prawdopodobieństwo występowania niedoborów tego pierwiastka zwiększa stosowanie nawozów wapniowych niezawierających magnezu. W warunkach niedoboru magnezu ograniczone jest pobieranie azotu, czego efektem jest niższy poziom plonowania rośliny uprawnej. Objawem niedoboru magnezu są chlorotyczne przebarwienia liści między nerwami, które początkowo uwidaczniają się na liściach starszych.

MIKROELEMENTY

Nieuregulowanie odczynu gleby skutkuje pogorszeniem przyswajalności większości mikroelementów. Na glebach silnie zwapnowanych można oczekiwać niedoborów boru, manganu, cynku i żelaza, a na kwaśnych – molibdenu. Najczęściej gorczyce cierpią na brak boru, co jest konsekwencją niskiej zasobności w ten pierwiastek gleb w Polsce. Niską zawartość przyswajalnego boru wykazują zazwyczaj gleby lekkie i kwaśne wytworzone z piasków o dużej przepuszczalności (Sienkiewicz-Cholewa i Stanisławska-Glubiak 2007). Objawem niedoboru tego pierwiastka jest brązowienie liści, zamieranie stożków wzrostu, słabe kwitnienie oraz ograniczony rozwój owoców i nasion (Trivedi 2015). W konsekwencji rośliny niedożywione borem nisko plonują. Zgodnie z prawem minimum, słabszego rozwoju roślin i niższych plonów można również oczekiwać w przypadku niedoboru pozostałych mikroelementów.

4. Rola hodowli w integrowanej ochronie i produkcji gorczycy

W Polsce w Krajowym Rejestrze Odmian (KR) znajduje się 14 odmian gorczycy białej: cztery pochodzą z niemieckich hodowli, a 10 zostało wyhodowanych w Polsce. Zmiany jakościowe powstałe w toku hodowli nowych odmian pozwolą w przyszłości na szersze wykorzystanie gorczycy białej, a więc można spodziewać się także zwiększenia powierzchni uprawy tej rośliny, a z tym związane jest pojawienie się problemu chorób. Dotąd uważano, że jest to roślina stosunkowo odporna na stresy biotyczne i abiotyczne, jednocześnie spełniająca bardzo ważną rolę w integrowanej ochronie roślin, ponieważ wykazuje właściwości fitosanitarne w stosunku do niektórych chorób i szkodników, zwłaszcza „mątwikobójcze". Uprawa niektórych odmian tej rośliny w płodozmianie z burakami i ziemniakami powoduje bowiem ograniczenie występowania szkodliwych nicieni pasożytniczych, jakim jest mątwik burakowy i mątwik ziemniaczany (Szymczak-Nowak



Ryc. 1. Wpływ gorczycy białej uprawianej w międzyplonie ścierniskowym na liczebność populacji mątwika burakowego i ziemniaczanego

i Nowakowski 2002; Nowakowski i Franke 2013). Okazuje się, że nie tylko tradycyjne odmiany, ale także odmiany ulepszone – Bamberka i Warta, oraz nowe linie hodowlane podwójnie ulepszone mają duże zdolności „mątwikobójcze" (ryc. 1). Ponadto obserwuje się allelopatyczne oddziaływanie między gorczycami i chwastami – wydzielane siarkowe lotne związki gorczyczne hamują kiełkowanie innych nasion (Sawicka i Kotiuk 2007).

Gorczyca biała atakowana jest przez takie same patogeny jak rzepak, ale jest bardziej odporna, co wiąże się głównie z jej biologią rozwoju. Niemniej wraz ze zwiększaniem się powierzchni uprawy gorczycy białej w Polsce należy spodziewać się większych problemów z występowaniem chorób u tej rośliny, która jest spokrewniona z rzepakiem silnie atakowanym przez patogeny chorobotwórcze. Głównymi chorobami obserwowanymi u gorczyc, także u gorczycy białej, są: zgorzel siewek, mączniak rzekomy kapustowatych, czerń krzyżowych, biała rdza i kiła kapusty. Gorczyce atakowane są również przez wirus mozaiki rzepy (TuMV). Zatem podjęcie badań w tym zakresie jest sprawą bardzo ważną, tym bardziej, że odmiany znajdujące się w KR nie są odporne na najczęściej atakujące je patogeny. Wprowadzenie obowiązku integrowanej ochrony roślin i zwiększające się zainteresowanie uprawą gorczycy, zwłaszcza białej, stwarza konieczność podjęcia działań w kierunku rozwoju hodowli odpornościowej gorczycy. Przykładowo badania przeprowadzone w Instytucie Ogrodnictwa wykazały, że

wszystkie odmiany gorczycy białej znajdujące się w KR są podatne na kiłę kapusty (*Plasmodiophora brassicae*). Ponieważ choroba ta coraz częściej niszczy uprawy rzepaku, łatwo może zagrozić uprawom gorczycy.

W krajach, gdzie uprawa gorczycy ma bardzo duże znaczenie gospodarcze, prowadzi się intensywne prace badawcze mające na celu wyhodowanie odmian odpornych. Przykładowo w Indiach, gdzie uprawia się gorczycę sarepską jako wielofunkcyjną roślinę oleistą, prowadzone są prace mające na celu uzyskanie odmian odpornych na choroby powodujące największe straty plonu, tj. na białą rdzę wywoływaną przez grzyb *Albugo candida* oraz czerń krzyżowych wywoływaną przez grzyby z rodzaju *Alternaria*. Cechy odporności na te choroby wprowadzono do genotypu gorczycy sarepskiej w wyniku krzyżowania międzygatunkowego z *Brassica carinata* (gorczyca abisyńska) przy wykorzystaniu metody kultur *in vitro* zalążni, a następnie prowadząc selekcję form odpornych, wspomaganą markerami molekularnymi (Agnihotri i wsp. 2009). Wykorzystując populację mapującą złożoną z linii podwojonych haploidów otrzymanych z mieszańca F1 pomiędzy liniami odpornymi i podatnymi na białą rdzę, wyodrębniono dwa markery RAPD sprzężone z genami odporności na tę chorobę. Markery te okazały się bardzo pomocne w selekcji linii odpornych (Prabhlu i wsp. 1998). Wszystkie indyjskie genotypy gorczycy sarepskiej są bardzo podatne na białą rdzę, często dewastującą plantacje, dlatego intensywnie poszukuje się źródeł odporności na poszczególne rasy patogenu *A. candida.* Znaleziono dwie odmiany pochodzące ze wschodniej Europy: Donskaja i Heera, mające geny odporności na jedną z ras *A. candida* (2V). Udało się zmapować grupy sprzężeń, w których zlokalizowane są loci odporności oraz określić markery molekularne sprzężone z genami odporności na tę chorobę. Markery te zostały włączone do programu hodowli mającego na celu introgresję cechy odporności na białą rdzę do genotypów nieodpornych (Panjabi-Massand i wsp. 2010).

Przykłady badań prowadzonych w Indiach nad najważniejszą dla tego kraju roślina oleistą, jaką jest gorczyca sarepska, pokazują, jak wiele badań i prac hodowlanych należy przeprowadzić, aby nastąpił rozwój hodowli odpornościowej gorczycy w Polsce, mając na uwadze rozpowszechnianie się uprawy gorczycy białej. Jak w każdym przypadku, aby rozpocząć efektywną hodowlę odpornościową, konieczne jest wyodrębnienie źródeł odporności, wyznaczenie wzorców podatności i odporności na dany patogen. Ważne jest również poznanie genomu sprawcy choroby, jak i genomu gospodarza, wytworzenie populacji mapującej w celu określenia w genomie gospodarza regionów zawierających geny odporności na daną chorobę, co umożliwi z kolei opracowanie markera genetycznego danego genu lub grupy genów zlokalizowanych w jednej grupie sprzężeń.

Należy podkreślić, że hodowla odmian roślin odpornych na choroby jest najlepszą i najkorzystniejszą dla środowiska metodą ochrony roślin uprawnych przed

chorobami, która w przypadku wielu gatunków z rodziny kapustowatych odniosła już znaczne sukcesy (Jajor i wsp. 2016).

5. Dobór odmian

Gorczyca biała

Odmiany gorczycy białej mogą być wszechstronnie użytkowane. Uprawiane są w siewie czystym na nasiona, stosowane w mieszankach pastewnych, bywają wykorzystywane jako rośliny podpierające dla grochu, wyki jarej i seradeli, ale przeważnie są wysiewane w międzyplonach ścierniskowych z przeznaczeniem na zielony nawóz lub na mulcz (Muśnicki i wsp. 1997).

Uprawa odmian gorczycy białej ma szczególne znaczenie w tych gospodarstwach, w których stosuje się uproszczone zmianowanie, ponieważ łagodzi skutki zbyt dużego udziału przede wszystkim zbóż w strukturze zasiewów. Odmiany gorczycy białej stosowane w płodozmianie przyczyniają się do wzrostu i stabilizacji plonu rośliny następczej. Ponadto korzystnie wpływają na stan fitosanitarny i właściwości fizyczne gleby.

Nasiona mają przeważnie barwę żółtobeżową, a masa tysiąca nasion (MTN) wynosi 6–10 g. Zawierają 28–35% tłuszczu oraz glukozynolany, w tym głównie synalbinę. Z glukozynolanów, w obecności wody i pod wpływem działania enzymu mirozynazy, wydzielają się olejki gorczyczne. Nasiona wykorzystywane są przede wszystkim w przemyśle spożywczym. Całe lub rozdrobnione używane są jako przyprawa aromatyzująca i środek konserwujący. Głównie jednak stanowią podstawowy surowiec do produkcji musztardy. Ponadto nasiona są szeroko wykorzystywane w przemyśle farmaceutycznym oraz w medycynie, zwłaszcza tradycyjnej. Olej wytłaczany na zimno używany jest w niewielkim zakresie do celów spożywczych, częściej w farmacji i przemyśle kosmetycznym, a pozyskiwany w wyniku ekstrakcji ma zastosowanie do celów technicznych. Śruta poekstrakcyjna i wytłoki odmian zawierających dużą ilość glukozynolanów nie są wykorzystywane jako komponent paszy dla zwierząt.

W Krajowym Rejestrze Odmian (KR) obecnie wpisanych jest 14 odmian gorczycy białej: **Ascot**, **Bamberka**, **Bardena**, **Barka**, **Borowska**, **Concerta**, **Dara**, **Maryna**, **Metex**, **Nakielska**, **Radena**, **Rota**, **Tango**, **Warta** (tab. 2, fot. 1–3). Spośród nich 10 zostało wyhodowanych w krajowych ośrodkach hodowlanych, a cztery w zagranicznych. We Wspólnotowym Katalogu Odmian Roślin Rolniczych (CCA) znajduje się aktualnie 156 odmian gorczycy białej. Większość odmian zarejestrowanych w KR nadaje się zarówno do uprawy w plonie głównym z przeznaczeniem na nasiona, jak i w międzyplonie ścierniskowym. Odmiany różnią się między sobą wielkością plonowania oraz składem chemicznym nasion, głównymi cechami rolniczo-użytkowymi, takimi jak: wczesność, wysokość roślin, odpor-

Tabela 2. Odmiany gorczycy białej wpisane do Krajowego Rejestru Odmian (KR) – właściwości botaniczno-użytkowe odmian

Nazwa odmiany	Rok wpisania do KR	Wpis do KO*	Wysokość roślin	Wielkość liści	Termin kwitnienia	Barwa kwiatów	Łuszczyna	Termin dojrzałości techno-logicznej	Barwa nasion
Ascot	1997	tak	śr-w	śr	śr	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Bamberka	2006	tak	n-śr	śr	w-śr	ż	śrd/śrsz	w-śr	żb
Bardena	2005	tak	śr	śr	w-śr	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Barka	1999	tak	śr	śr	śr	ż	śrd/sz	śr	ż
Borowska	1958	nie	śr	śr	śr	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Concerta	2001	tak	śr	śr	śr	ż	śrd/śrsz	śr	ż
Dara	2009	tak	śr	śr	śr	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Maryna	2003	tak	śr	śr	śr	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Metex	1996	tak	śr	śr	śr	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Nakielska	1958	nie	śr	śr	śr	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Radena	2006	tak	śr	śr	śr	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Rota	2003	tak	śr	śr-d	śr	ż	śrd/w	śr	żb
Tango	2004	tak	śr	śr	śr-p	ż	śrd/śrsz	śr	żb
Warta	2012	tak	n-śr	m-śr	w-śr	ż	śrd/sz	w-śr	żb

*Księga ochrony wyłącznego prawa; wpis do KO oznacza, że odmiana chroniona jest krajowym wyłącznym prawem hodowcy. śr – średnia(i), śr-w – średnia do wysokiej, n-śr – niska do średniej, śr-d – średnia do dużej, m-śr – mała do średniej, w-śr – wczesny do średniego, śr-p – średni do późnego, śrd/śrsz – średnio długa i średnio szeroka, śrd/sz – średnio długa i szeroka, śrd/w – średnio długa i wąska, żb – żółtobeżowa; ż – żółta

Źródło: COBORU, badania OWT i WGO

ność na wyleganie i choroby, a także możliwością ograniczania liczebności mątwika burakowego w glebie.

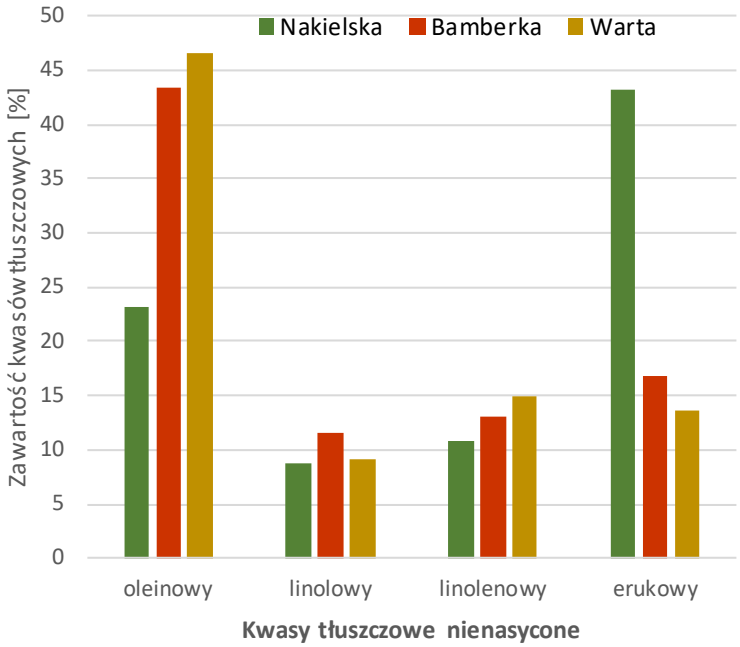
Tradycyjne odmiany gorczycy białej zawierają w nasionach dużą ilość glukozynolanów (ok. 160 μM/g nasion), głównie sinalbiny, tj. specyficznych związków z grupy glukozydów zawierających siarkę. Natomiast olej pozyskiwany z nasion zawiera nadmierną ilość niepożądanego kwasu erukowego (ok. 40–45%). Nasiona takich odmian wykorzystywane są przede wszystkim do celów przyprawowych i farmaceutycznych. W ostatnich latach w Polsce hodowcom udało się uzyskać odmiany o zmienionym składzie chemicznym nasion. W Oddziale Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego (IHAR –PIB) w Poznaniu najpierw wyselekcjonowano rody o małej zawartości kwasu erukowego, które wykorzystano do wyhodowania odmiany Bamberka (wpisana do KR

Fot. 1. Plantacja gorczycy białej (fot. J. Broniarz)

Fot. 2. Gorczyca biała – początek dojrzewania łuszczyn (fot. J. Broniarz)

Fot. 3. Pęd gorczycy z łuszczynami (fot. J. Broniarz)

w roku 2006) cechującej się obniżoną zawartością kwasu erukowego, a następnie wyhodowano odmianę Warta (wpisana do KR w roku 2012), która charakteryzuje się niską zawartością kwasu erukowego w nasionach oraz znacznie niższą zawartością glukozynolanów w porównaniu z innymi odmianami. Populację wyjściową do hodowli tej odmiany uzyskano, krzyżując rody bezerukowe z rodami niezawierającymi sinalbiny i prowadząc jednocześnie selekcję uzyskanych materiałów. Mieszańce między tymi rodami posłużyły do selekcji linii wsobnych łączących obie cechy jakościowe (Piętka i wsp. 2010; Piętka i wsp. 2014). Olej z nasion odmiany Warta ma skład podobny do oleju z nasion rzepaku podwójnie ulepszonego „00", a więc jest uniwersalny, przydatny do celów spożywczych oraz technicznych. Cechuje się dużą zawartością kwasu oleinowego oraz optymalną zawartością i proporcją kwasów linolowego i linolenowego, należących do grupy niezbędnych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (ryc. 2 i 3). Taki olej ma walory dietetyczne i prozdrowotne. Natomiast śruta poekstrakcyjna lub wytłoki z nasion, w dużym stopniu pozbawionych niepożądanych glukozynolanów, mogą być cenną wysokobiałkową paszą dla zwierząt. W uprawie nowej odmiany, w celu zachowania czystości odmianowej i tym samym jakości nasion, niezbędne jest stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego, unikanie pól zachwaszczonych samosiewami gorczycy białej i gorczycy polnej oraz izolacja przestrzenna od innych plantacji odmian tradycyjnych gorczycy białej (odległość od sąsiednich

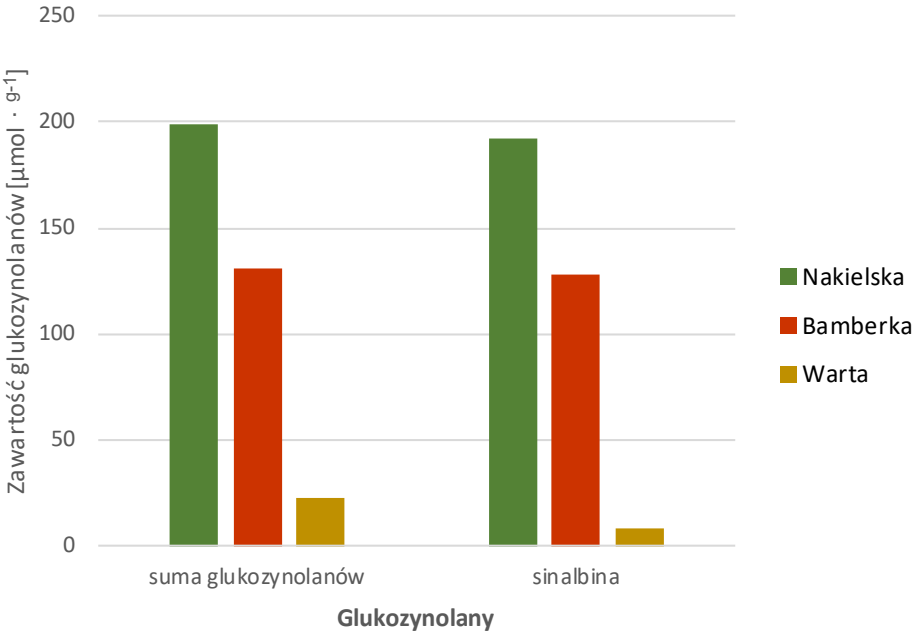


Ryc. 2. Porównanie zawartości wybranych kwasów tłuszczowych w nasionach odmiany tradycyjnej Nakielska, niskoerukowej Bamberka i podwójnie ulepszonej Warta (wyniki doświadczeń WGO, w których nie stosowano izolacji między odmianami)

upraw gorczyc powinna wynosić min. 450 m). Obie odmiany, Bamberka i Warta, mają też właściwości zmniejszające liczebność populacji mątwika w glebie.

W kilkuletnich doświadczeniach odmianowych z gorczycą białą uprawianą na nasiona, zebrany średni plon nasion wyniósł 18,2 dt z ha (tab. 3), przy czym wielkość plonu różniła się w poszczególnych latach i wahała w granicach od 15,8 do 19,3 dt z ha. Okres wegetacji od wschodów do dojrzałości technicznej trwał średnio dla badanych odmian 103 dni.

Gorczyca biała jest najbardziej rozpowszechnionym gatunkiem uprawianym w międzyplonie ścierniskowym. Rośliny tego gatunku rosną szybko, a ich okres wegetacji jest stosunkowo krótki. Wytwarzają przy tym dużą masę wegetatywną i dobrze zacieniają glebę, ograniczając wzrost chwastów oraz dość dobrze wytrzymują krótkotrwałe przymrozki (Wałkowski 1997; Muśnicki i wsp. 1997; Sawicka 2004). Odmiany gorczycy mogą być uprawiane po roślinach nieco później schodzących z pola, głównie po zbożach. Przeznaczone na zielony nawóz są przyorywane. Wprowadzona w ten sposób do gleby sucha masa wzbogaca ją w materię organiczną, a w wyniku zachodzących procesów mineralizacji udostępniane są składniki pokarmowe dla rośliny następczej. Uprawa międzyplonowa odmian



Ryc. 3. Porównanie zawartości glukozynolanów w nasionach odmiany tradycyjnej Nakielska, niskoerukowej Bamberka i podwójnie ulepszonej Warta (wyniki doświadczeń WGO, w których nie stosowano izolacji między odmianami)

gorczycy wpływa też na poprawę właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby (Nowakowski i Szymczak-Nowak 2003a; Harasimowicz-Hermann i Hermann 2006). Korzystne jest również pozostawienie na zimę wyrośniętej masy roślin w postaci mulczu, który przyoruje się wczesną wiosną lub dokonuje się siewu rośliny głównej bez wykonania właściwej orki. W doświadczeniach z odmianami gorczycy białej uprawianej w międzyplonie ścierniskowym zebrano średnio z dwóch lat badań plon świeżej masy wynoszący 196 dt z ha i suchej masy 32,3 dt z ha (tab. 4). Długość okresu wegetacji od wschodów do początku kwitnienia roślin wynosiła przeciętnie 49 dni.

Odmiany gorczycy białej, w porównaniu z rzepakiem jarym, wykazują większą odporność na choroby i rzadziej są uszkadzane przez szkodniki. Ponadto są mniej wrażliwe na warunki posuchy i mogą być uprawiane na lżejszych glebach. W zmianowaniach z rzepakiem nie powinno się uprawiać gorczycy, gdyż ewentualne samosiewy mogą obniżyć jakość plonu, a rośliny są żywicielami wielu tych samych patogenów. Przykładowo w ostatnich sezonach wegetacyjnych zauważalny jest zwiększony pojaw na plantacjach rzepaku ozimego mszycy (brzoskwiniowej i kapuścianej), która jest wektorem wirusa żółtaczki rzepy (TuYV). W okresie jesiennej wegetacji to właśnie uprawy gorczycy w międzyplonie są częstym siedli-

Tabela 3. Gorczyca biała uprawiana na nasiona. Właściwości rolniczo-użytkowe odmian (COBORU, doświadczenia odmianowe 2010–2011 oraz 2013 i 2015)

Nazwa odmiany	Plon nasion		Masa 1000 nasion	Zawartość					Dojrzałość techniczna	Porażenie przez czerń krzyżowych
				tłuszczu	białka	glukozynolanów	sinalbiny	kwasu erkowego		
	[dt/ha]	[% wz.]*	[g]	[% s.m.]	[% s.m.]	[µM/g]	[µM/g]	[%]	data	[skala 9°]**
Średnia	**18,2**	**100**	**7,0**	**29,9**	**31,4**	**145**	**141**	**38,1**	**26.07**	**7,7**
Odmiany tradycyjne										
Bardena	18,0	99	6,9	29,6	32,5	158	155	43,2	25.07	7,9
Barka	18,9	104	7,2	30,2	31,5	162	159	45,2	26.07	7,6
Borowska	19,6	108	7,6	29,6	32,0	152	149	43,1	26.07	7,5
Dara	17,8	98	7,0	29,4	31,8	154	151	43,4	26.07	7,5
Maryna	18,1	99	6,9	29,5	31,6	165	163	43,9	26.07	7,9
Nakielska	18,5	102	7,4	29,0	32,1	163	159	41,4	26.07	8,2
Radena	18,7	103	7,1	29,5	31,9	167	163	46,5	26.07	8,1
Rota	17,9	98	7,0	28,3	32,1	160	156	40,6	26.07	7,5
Odmiany o zmienionym składzie chemicznym nasion										
Bamberka	16,1	88	6,4	31,4	29,0	131	128	(16,8)	24.07	7,5
Warta	18,5	102	6,2	32,5	29,3	(33)	(25)	(16,7)	24.07	7,4

*wzorzec – średnia badanych odmian; **skala 9° – większa wartość oznacza stan ogólny korzystniejszy (mniejsze porażenie)

W nawiasach podano zawartość glukozynolanów, sinalbiny i kwasu erukowego w nasionach po zbiorze doświadczeń, w których nie stosowano izolacji pomiędzy odmianami tradycyjnymi a odmianami jakościowymi

skiem mszycy, która przemieszcza się stąd na rośliny rzepaku, infekując je szkodliwym wirusem. Jeśli istnieje zagrożenie zainfekowania gleby kiłą kapusty (*Plasmodiophora brassicae* Wor.), uprawę odmian gorczycy białej trzeba bezwzględnie wyeliminować w płodozmianie z rzepakiem. Rośliny gorczycy są bowiem porażane przez sprawcę kiły kapusty i powodują jego namnażanie, a tym samym wzrost liczebności w glebie.

Gorczyca biała uprawiana jako międzyplon ścierniskowy po zbożach odgrywa rolę fitosanitarną, zmniejszając zagrożenie nadmiernej kumulacji patogenów i szkodników tych roślin (Wałkowski 1997).

Tabela 4. Gorczyca biała uprawiana w poplonie ścierniskowym. Właściwości rolniczo-użytkowe odmian (COBORU, doświadczenia odmianowe 2007–2008)

Nazwa odmiany	Plon świeżej masy [dt/ha]	Plon suchej masy [dt/ha]	Zawartość suchej masy	Pokrycie gleby przez rośliny	Pąkowanie	Początek kwitnienia	Wysokość roślin	Wyleganie	Wpływ na liczebność mątwika burakowego w glebie
	[% wz.]*		[%]		data		[cm]	[skala 9°]**	
Średnia	**196**	**32,3**	**16,6**	**83**	**15.09**	**24.09**	**105**	**7,0**	
Bardena	102	104	16,1	85	13.09	20.09	107	6,8	-
Barka	101	101	16,5	84	13.09	20.09	107	7,2	-
Borowska	100	102	17,2	84	12.09	19.09	106	7,1	+
Dara	102	101	16,7	84	14.09	22.09	107	6,9	- -
Maryna	96	93	16,4	80	16.09	24.09	106	6,5	- -
Metex	99	98	16,5	85	13.09	21.09	103	7,0	- -
Nakielska	101	103	17,2	84	14.09	23.09	108	7,2	+
Radena	104	106	15,9	85	14.09	23.09	107	7,3	- -
Rota	102	100	16,8	84	12.09	20.09	107	6,5	- -
Tango	92	91	16,6	77	25.09	6.10	96	7,6	- -

*wzorzec – średnia badanych odmian; **skala 9° – większa wartość oznacza stan ogólny korzystniejszy (mniejsze wyleganie)

„-" – średni spadek liczebności, „- -" – duży spadek liczebności, „+'' – wzrost liczebności

Odmiany gorczycy białej są dobrze oceniane w zmianowaniu również ze względu na właściwości mątwikobójcze, które powinny być wykorzystane do biologicznej walki z tym nicieniem (Szymczak-Nowak i Nowakowski 2002; Nowakowski i Szymczak-Nowak 2003a).

Większość zarejestrowanych odmian gorczycy białej ma zdolność ograniczania liczebności populacji mątwika burakowego w glebie (przeważnie o ok. 30–40%). Jedynie najstarsze odmiany, uprawiane głównie na nasiona (Borowska i Nakielska), nie mają tych właściwości. Przeciwnie, mogą spowodować większe nasilenie występowania szkodnika na polu, na którym rosły.

Liczebność nicieni w glebie jest efektywniej ograniczana w uprawie gorczycy w plonie głównym niż w krótkotrwałej uprawie międzyplonowej. Największe korzyści wynikające z uprawy odmian „mątwikobójczych" można osiągnąć w płodozmianie z burakami.

Gorczyca biała jest najplenniejsza spośród uprawianych u nas gorczyc i najmniej wymagająca, a co istotne, odmiany uprawne odznaczają się dużą wiernością i stabilnością plonowania. Jest także jedną z najbardziej tolerancyjnych

roślin na warunki posuchy (Muśnicki i wsp. 1997). Odmiany gorczycy białej stanowią także źródło pożytku dla owadów zapylających. Rośliny swobodnie oblatywane przez owady zapylające zawiązują więcej łuszczyn i nasion w łuszczynach, a to powoduje znaczący wzrost plonu nasion (nawet do 70%) (Jabłoński i wsp. 1999).

Uprawiane odmiany gorczycy białej przeznaczane są niekiedy na zielonkę. Rośliny powinny być koszone do fazy kwitnienia i przeznaczone do karmienia bydła, jednak w ograniczonej ilości (do 30 kg na sztukę dziennie) i z dodatkiem suchej paszy objętościowej (Sawicka i Kotiuk 2007).

Wykazano także allelopatyczne oddziaływanie gorczycy białej, zwłaszcza korzeni, na inne rośliny, co wiąże się z obecnością w nich glukozynolanów (Gniazdowska i wsp. 2004). Związki te pełnią bowiem w roślinach m.in. funkcje obronne i ochronne przed szkodnikami i konkurencyjnymi gatunkami.

Gorczyca sarepska

Gorczyca sarepska uprawiana jest w Polsce lokalnie na bardzo małej powierzchni. Wymaga lepszych warunków wilgotnościowych niż gorczyca biała. Nasiona mają przeważnie kolor brązowy (istnieją też odmiany o jasnożółtych nasionach) i są dość małe (MTN 2–2,5 g). Zawierają ok. 35% tłuszczu i ok. 28% białka oraz charakterystyczny glukozynolan – sinigrynę (0,8–0,9%). Wykorzystywane są przeważnie jako przyprawa oraz w lecznictwie. Olej używany jest w przemyśle spożywczym, także przy wytwarzaniu kosmetyków i lekarstw. Wytłoki stosowane są do wyrobu musztardy sarepskiej.

Aktualnie w Krajowym Rejestrze Odmian (KR) nie jest zarejestrowana żadna odmiana oryginalna gorczycy sarepskiej. Do roku 2010 w KR wpisana była odmiana Małopolska. Jej rośliny są średniowysokie, łodygi mają boczne pędy, w dolnej części pokryte są ostrymi włoskami, liście dolne są większe, lirowate i sieczne, górne mniejsze lancetowate, kwiaty mają barwę jasnożółtą, łuszczyny są wydłużone i guzowate, a nasiona kuliste, ciemnobrunatne. Odmiana cechuje się dość wczesnym terminem dojrzewania. Oprócz niej w uprawie spotyka się także populacje miejscowe oraz nieznanego pochodzenia. We Wspólnotowym Katalogu Odmian (CCA) znajduje się obecnie 26 odmian gorczycy sarepskiej.

Gorczyca czarna

Gorczycę czarną uprawia się w Polsce sporadycznie i tylko w niektórych rejonach kraju. Ma stosunkowo duże wymagania wilgotnościowe. Nasiona mają kolor brunatny, często z odcieniem czerwonawym oraz białawym nalotem, i są drobne (MTN 1,5–2,5 g). Zawierają powyżej 30% tłuszczu i ok. 27% białka oraz, taki sam jak gorczyca sarepska, glukozynolan – sinigrynę (0,5–0,8%). Jest najmniej plenna spośród gorczyc, uprawiana przede wszystkim jako roślina lecznicza i przyprawowa.

W Krajowym Rejestrze (KR) nie ma wpisanej żadnej odmiany oryginalnej. W uprawie spotyka się jedynie populacje miejscowe. Natomiast we Wspólnotowym Katalogu Odmian Roślin Rolniczych (CCA) wpisane są aktualnie zaledwie dwie odmiany gorczycy czarnej.

6. Materiał siewny i siew gorczycy

Gorczyce uprawiane na nasiona

Do siewu należy używać materiału kwalifikowanego, który gwarantuje szybkie i wyrównane wschody oraz czystość odmianową. Według Polskiej Normy nasiona do siewu powinny charakteryzować się 85-procentową zdolnością kiełkowania oraz 99-procentową czystością. Obcych gatunków nie może być więcej niż 0,3%. Materiał siewny musi być wolny od ziarniaków owsa głuchego i nasion lnianki. Nasion rzodkwi świrzepy nie może być w próbie więcej niż 10, a nasion szczawiu nie więcej niż pięć. Przetrwalników zgnilizny twardzikowej lub ich fragmentów nie powinno być w próbie więcej niż pięć (Jajor i Mrówczyński 2013).

Odporność wszystkich gatunków gorczyc na przymrozki wiosenne umożliwia przeprowadzenie siewu we wczesnym terminie. Wczesny termin siewu jest także korzystny z powodu wrażliwości gorczyc na niedobór opadów. Gorczycę białą uprawianą na nasiona wysiewa się z początkiem siewu zbóż jarych. Przeprowadzenie siewu w tym terminie sprzyja silnemu rozwojowi roślin i wysokiemu plonowaniu (Dembiński i wsp. 1962; Jankowski i Budzyński 1999). Ponieważ gorczyca odznacza się silną reakcją fotoperiodyczną, przy siewach opóźnionych zaczyna kwitnąć, zanim zdąży wytworzyć silną rozetę. Tym tłumaczy się jej niskie plony w warunkach opóźnionego siewu. Opóźnienie siewu o trzy tygodnie może skutkować zmniejszeniem plonu nawet o 1/3. Także gorczycę sarepską i czarną zaleca się wysiewać we wczesnym terminie. Gdy gleba jest jeszcze niedostatecznie ogrzana, termin siewu tych dwóch gatunków można opóźnić do końca siewu zbóż jarych (Dembiński 1975). Przyjmując optymalne zagęszczenie roślin dla gorczycy białej 100–150 na m^2, a dla gorczycy sarepskiej i czarnej 150–200 roślin na 1 m^2 oraz uwzględniając MTN i zdolność kiełkowania, ilość wysiewu nasion wynosi dla gorczycy białej (o MTN 7 g) 8–12 kg/ha, a dla gorczycy sarepskiej i czarnej (o MTN 2,5 g) 4,5–6 kg/ha. Mniejsze ilości wysiewu z podanych przedziałów można wysiewać na intensywniej nawożonych glebach o wyższej kulturze. Gorczycę można siać w rozstawie wąskorzędowej: 12–15 cm, zawężonej: 20–25 cm lub szerokorzędowej: 30–40 cm. W wąskie rzędy można siać gorczycę na glebach czystych i sprawnych. Tę rozstawę zaleca się przede wszystkim dla, charakteryzującej się skupionym pokrojem, gorczycy sarepskiej. Gorczycę białą, której pokrój jest bardziej rozłożysty, należy

siać w rozstawie zawężonej. Brak zarejestrowanych herbicydów dla gorczycy czarnej sprawia, że ten gatunek korzystniej jest siać w rozstawie szerokorzędowej. Uprawa szerokorzędowa wymaga mechanicznego zwalczania chwastów (jednorazowe lub dwukrotne pielenie) i w praktyce jest stosowana na małych plantacjach.

Głębokość siewu jest wypadkową wielkości nasion. Drobniejsze nasiona gorczycy czarnej i sarepskiej sieje się na głębokość 1–2 cm. Nasiona gorczycy białej na glebach żytnich można zasiać głębiej, na 2,5–3 cm.

Gorczyce uprawiane na poplon

Uprawiając gorczycę białą w poplonach ścierniskowych, należy opóźnić siew do 10–15 sierpnia, ponieważ wysiana wcześniej szybko zakwita i wytwarza mało zielonej masy. Można ją siać w siewie czystym lub mieszankach z facelią i gryką. Uprawiając gorczycę na zielonkę lub zielony nawóz, sieje się ją w rozstawie 10–15 cm, zwiększając ilość wysiewu do 18–20 kg (Budzyński 2010). Gdy jest uprawiana z facelią lub z facelią i gryką, Wałkowski (1997) zaleca następujące ilości wysiewu nasion:

– 10–12 kg gorczycy + 3–4 kg facelii;
– 8–10 kg gorczycy + 40–50 kg gryki + 3–4 kg facelii.

IV. REGULACJA ZACHWASZCZENIA

1. Najważniejsze gatunki chwastów

Zachwaszczenie uprawianych w Polsce trzech gatunków gorczyc nie różni się i jest najbardziej zbliżone do spektrum chwastów występujących w rzepaku jarym. Do najgroźniejszych gatunków chwastów dwuliściennych w gorczycach należą: komosa biała, maruna bezwonna, przytulia czepna, rumianek pospolity i rumian polny (tab. 5). Spośród gatunków jednoliściennych do najgroźniejszych należy zaliczyć: wieloletni perz właściwy i, w zależności od stanowiska (płodozmianu), samosiewy zbóż. W drugiej kolejności do kłopotliwych chwastów należą: chaber bławatek, jasnota różowa i purpurowa, przetaczniki, rdesty, tasznik pospolity i tobołki polne. Przy masowym pojawie konkurencyjny może okazać się fiołek polny, wschodzący równocześnie z gorczycą. Spośród pospolitych gatunków na plantacjach gorczyc występują także dymnica i poziewniki. Ich współzawodnictwo z gorczycami nie jest groźne, zwłaszcza że w tych uprawach nie mają tendencji do masowego pojawiania się.

Uprawiana na największym areale gorczyca biała ma małe wymagania glebowe, stąd stopień zachwaszczenia jest często wysoki, ale chwasty nie rozwijają się bujnie. Zdecydowanie bardziej konkurencyjne są chwasty w gorczycy sarepskiej i czarnej, które mają większe wymagania glebowe.

Gorczyca biała silniej się rozgałęzia od pozostałych dwóch gatunków, co również jest czynnikiem bardziej ograniczającym zachwaszczenie. Wczesny siew wszystkich trzech gatunków, szybkie wschody i odporność na przymrozki to również korzystne elementy rozwoju zwiększające skuteczność współzawodniczenia z chwastami.

Masowe występowanie w gorczycy białej i sarepskiej fiołka polnego, gwiazdnicy pospolitej, komosy białej, maruny bezwonnej oraz tasznika pospolitego potwierdzają w swych badaniach Matysiak i Adamczewski (2002). Bardzo podobny

Tabela 5. Krótka charakterystyka najczęściej występujących gatunków chwastów w uprawie gorczyc (Paradowski 2013, 2015)

Gatunek	Charakterystyka
Bodziszek drobny (*Geranium pusillum*)	Gatunek groźny podczas masowego występowania w trakcie wschodów gorczycy. W ciągu jednego sezonu może wydać kilka pokoleń. Preferuje wilgotne gleby próchniczne bogate w wapno.
Bylica pospolita (*Artemisia vulgaris*)	Gatunek wieloletni, azotolubny, konkurencyjny ze względu na osiąganą wysokość, dochodzącą do 2,0 m. Najczęściej występuje na glebach żyznych.
Chaber bławatek (*Centaurea cyanus*)	Dobrze rozwija się na wszystkich typach gleb, na żyznych dorasta do 1 m wysokości.
Dymnica pospolita (*Fumaria officinalis*)	Gatunek groźny tylko podczas masowego występowania, dorasta do 30 cm.
Chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli*)	Gatunek wschodzi dosyć późno, na początkowo słabszych plantacjach gorczycy jest konkurencyjny.
Farbownik polny d. krzywoszyj polny (*Anchusa arvensis*)	Gatunek silnie rozrastający się gniazdowo, niebezpieczny, silnie współzawodniczący. Groźniejszy na glebach lekkich, preferuje odczyn kwaśny.
Fiołek polny (*Viola arvensis*)	Gatunek charakteryzujący się masowymi wschodami, groźny właśnie ze względu na liczebność.
Gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*)	Tworzy silne zadarnienia, groźna zwłaszcza podczas równoczesnych wschodów z gorczycą.
Gorczyca polna (*Sinapis arvensis*)	Gatunek jary, wrażliwy na ujemną temperaturę. Bardzo groźny dla form jarych, dla ozimych konkurencyjny podczas długiej, ciepłej jesieni w trakcie współzawodniczenia do pierwszych przymrozków. Żywiciel sprawcy wywołującego kiłę kapusty.
Jasnota purpurowa i różowa (*Lamium purpureum; L. amplexicaule*)	Gatunki zimujące o wysokości od 5 do 30 cm. Preferują określone warunki, ale można je w rolnictwie uznać za kosmopolityczne, uciążliwe w wielu uprawach, także w gorczycy.
Komosa biała (*Chenopodium album*)	Gatunek jary, wrażliwy na ujemną temperaturę. Azotolubny, bardzo groźny dla form jarych, może osiągnąć nawet 2 m wysokości.
Maruna nadmorska d. maruna bezwonna (*Matricaria maritima* subsp. *inodora*)	Groźny, w uprawach jarych typu gorczyca dorasta do 1 m wysokości.
Ostrożeń polny (*Cirsium arvense*)	Gatunek wieloletni, trudny do zniszczenia, zwłaszcza na polach zaniedbanych, często występuje w tzw. ogniskach.
Perz właściwy (*Agropyron repens*)	Wieloletni gatunek jednoliścienny, charakterystyczny dla stanowisk zaniedbanych. Bardzo konkurencyjny, szybko rozprzestrzeniający się za pomocą podziemnych rozłogów.

Tabela 5. Cd.

Gatunek	Charakterystyka
Poziewnik szorstki (*Galeopsis tetrahit*)	Gatunek jary wschodzący przede wszystkim podczas wiosny i lata, umiarkowanie uciążliwy.
Przetaczniki (*Veronica spp.*)	Groźne podczas masowych i równoczesnych wschodów z rośliną uprawną.
Przytulia czepna (*Galium aparine*)	Azotolubna, ze względu na pokrój bardzo groźna. Trudne doczyszczenie materiału siewnego gryki od nasion przytulii.
Rzodkiew świrzepa (*Raphanus raphanistrum*)	Cechy i podobny wygląd do gorczycy polnej. Żywiciel kiły kapusty.
Tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris*)	Gatunek mało wymagający, niebezpieczny podczas masowych wschodów, do których posiada tendencje. Żywiciel kiły kapusty.
Tobołki polne (*Thlaspi arvense*)	Cechy i podobny wygląd do tasznika pospolitego. Żywiciel kiły kapusty.
Stulicha psia (*Descurainia sophia*)	Gatunek częściej pojawiający się wiosną, ale także zimujący. Jest bardzo konkurencyjny. Ma wysoki współczynnik plenności i szybko zachwaszcza pola. Żywiciel kiły kapusty.

typ zachwaszczenia stwierdzono w gorczycy białej (Badowski i Kucharski 2005), w której obok fiołka, gwiazdnicy i komosy zaobserwowano licznie występującego bodziszka drobnego, rumian polny i tobołki polne. Autorzy ci potwierdzili także uciążliwość takich gatunków chwastów jednoliściennych, jak chwastnica jednostronna i perz właściwy.

2. Niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia

Ograniczenie zachwaszczenia uzyskuje się już podczas przygotowania gleby pod siew gorczyc. Według Wałkowskiego (1997) natychmiast po zbiorze przedplonu pole należy podorać i zabronować. W miarę pojawiania się chwastów bronowanie należy powtórzyć. Konieczne jest wykonanie orki zimowej. Wiosną po obeschnięciu skib należy zastosować włókę lub bronę. Zwłaszcza włóka stwarza dobre warunki do skiełkowania chwastów. Można je zniszczyć jedno- lub dwukrotnym zastosowaniem brony.

Sposób i przeznaczenie uprawy ma wpływ na technikę odchwaszczania. Gorczyce można uprawiać w trzech wariantach rozstawy:

– wąskorzędowej – 12–15 cm,
– zawężonej – 20–25 cm,
– szerokorzędowej – 30–40 cm.

Bez względu na rozstaw i siany gatunek, gdy gleba ulegnie zaskorupieniu, zabiegi pielęgnacyjne konieczne są już w początkowym okresie kiełkowania nasion gorczycy, przy równoczesnym kiełkowaniu chwastów. W takiej sytuacji zaleca się użycie brony lekkiej lub brony chwastownika. Podczas siewu zawężonego i szerokorzędowego (głównie gorczycy białej) zaleca się jedno- lub dwukrotne pielenie mechaniczne międzyrzędzi do momentu ich zakrycia (Wałkowski 1997). Na stanowiskach o niskiej kulturze uprawowej dopuszcza się trzeci zabieg. W rozstawie wąskorzędowej siana jest przede wszystkim gorczyca sarepska i czarna. Te szybko rosnące gatunki, zwłaszcza w przypadku zalecanego wczesnego siewu, wcześnie zakrywają międzyrzędzia, zagłuszają chwasty i nie wymagają pielęgnacji nawet mechanicznej.

W gorczycy czarnej, uważanej za uprawę zielarską, w metodach integrowanych z założenia nie zaleca się stosowania herbicydów. Także w gorczycach (głównie białej) sianych jako międzyplon, na zielonkę, na zielony nawóz lub jako mulcz nie zaleca się stosowania herbicydów. Warto zwrócić uwagę, że jedną z metod ograniczenia zachwaszczenia gorczycy jest jej siew w mulcz. Do innych rozwiązań ograniczających zachwaszczenie należy siew gorczycy łącznie z wyką bądź grochem (Wałkowski 1997). W takich uprawach gorczyca pełni funkcję rośliny podporowej.

3. Metody określania liczebności chwastów i progi szkodliwości

Bez względu na gatunek, gorczyca uważana jest za roślinę małoobszarową, nawet gorczyca biała wysiewana na dużym areale. Tego typu uprawom nie poświęca się zbyt dużo czasu na badania i opracowywanie metod ochroniarskich, dlatego nie ustalono do tej pory progów szkodliwości. W przypadku gorczycy białej warto umieć rozpoznawać chwasty w fazie od 2 do 6 liści. Jest to fenologiczny termin stosowania herbicydów w tej roślinie.

4. Systemy wspomagania decyzji

Decyzje mogą być wspomagane jedynie przez zalecenia publikowane przez Instytut Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu, które są opracowywane na podstawie wyników badań prowadzonych w IOR – PIB, obejmujących również ochronę roślin małoobszarowych.

5. Chemiczne metody regulacji zachwaszczenia

Oficjalne stosowanie herbicydów w gorczycy, głównie białej, znane było już w ostatnich latach ubiegłego wieku. W badaniach (Matysiak i Adamczewski 2002;

Murawa i wsp. 2001, 2003, 2004), a także w praktyce, bardzo dobre efekty w zawalczaniu chwastów uzyskiwano po zastosowaniu doglebowo działającej trifluraliny, wycofanej wiele lat temu. Aktualnie herbicydu zalecanego do przedwschodowego zwalczania chwastów w gorczycach nie ma (oprócz glifosatu). Na początku tego wieku badane były pojedynczo i w mieszaninach także takie substancje czynne, jak: chlomazon, chlopyralid, haloksyfop, metazachlor i tebutam. Spośród wymienionych aktualnie zalecany jest jedynie chlopyralid. Stosować go można tylko w formie fabrycznej mieszaniny z pikloramem. Efektywność tej mieszaniny w badaniach potwierdzili Badowski i Kucharski (2005). Mieszanina jest przeznaczona do zwalczania w fazie 2 do 6 liści właściwych następujących chwastów dwuliściennych: ambrozji bylicowatej, blekotu pospolitego, chabra bławatka, dymnicy pospolitej, koniczyny, maruny bezwonnej, mlecza polnego, mlecza zwyczajnego, ostrożenia polnego, podbiału pospolitego, psianki czarnej, przytulii czepnej (do 8 cm wysokości), rdestu powojowego, rdestu plamistego, rumianu polnego, rumianku pospolitego, starca zwyczajnego i żółtlicy drobnokwiatowej. Opryskiwanie należy wykonać, gdy gorczyca znajduje się w fazie od 4 liści do fazy wytworzenia pąków kwiatowych.

Do specyficznych zabiegów odchwaszczania gorczycy białej i gorczycy sarepskiej dopuszczony jest glifosat produkowany w formie stałej, który można stosować w dwóch odległych terminach. Pierwszy raz po siewie gorczycy, ale przed jej wschodami, gdy już skiełkowały chwasty. Zabieg należy wykonać dawką wynoszącą 170 g glifosatu/ha. Tę samą substancję można wykorzystać po raz drugi do desykacji i zwalczania perzu lub innych wieloletnich chwastów (równocześnie także jednorocznych). Zabiegów nie wolno wykonywać na plantacjach nasiennych! Na pozostałych, gdy wilgotność nasion wynosi poniżej 30%, a perz właściwy osiągnie fazę 5 liści (ok. 10–25 cm wysokości), należy zastosować od 1020 do 1360 g glifosatu/ha. Dawka niższa jest zalecana, gdy perz występuje w liczbie do 75 roślin (pędów)/m^2.

Ilość wody potrzebna do wykonania zabiegu na powierzchni jednego hektara wynosi od 200 do 300 l. Można ją zmniejszyć w przypadku stosowania glifosatu. Ogólnie zalecane jest opryskiwanie średniokropliste.

Temperatura podczas wykonywania oprysków glifosatem jest mniej istotna (powyżej 0°C). W przypadku stosowania mieszaniny chlopyralidu i pikloramu środek nie powinien być stosowany, gdy średniodobowa temperatura jest niższa niż +8°C.

Wszystkie z zalecanych herbicydów w uprawie gorczycy powinny być stosowane nalistnie. Wnikają one do roślin (chwasty) przez liście i niezdrewniałe łodygi w ciągu 2 godzin od zastosowania. Opady deszczu po tym czasie nie wpływają ujemnie na skuteczność działania środka.

Równocześnie należy nadmienić, że stosowane herbicydy nie wpłynęły niekorzystnie na skład chemiczny gorczycy białej (Murawa i wsp. 1999; 2003). Mię-

dzy innymi stwierdzono, że zastosowane herbicydy w mniejszym stopniu aniżeli zmienne w latach badań warunki pogodowe różnicowały zawartość tłuszczu w nasionach. Wpływ stosowanych herbicydów na zawartość analizowanych kwasów tłuszczowych był nieistotny. W poszczególnych latach doświadczeń udział kwasów tłuszczowych w oleju z nasion gorczycy białej był determinowany odmianą. Ponadto wpływ herbicydów na poziom glukozynolanów w badanych odmianach gorczycy (Borowska, Nakielska) był nieistotny. Wykazano, że plon nasion odmiany Nakielska był istotnie wyższy od plonu odmiany Borowska (Murawa i wsp. 2001).

W doświadczeniach przeprowadzonych przez Kucharskiego i Badowskiego (2006), w żadnej z analizowanych próbek nasion gorczycy białej nie stwierdzono pozostałości substancji czynnych badanych herbicydów przekraczających wartości dopuszczalne określone w normach. Wykrywane pozostałości były w większości przypadków kilkakrotnie niższe od dopuszczalnych. Wśród badanych próbek były nasiona gorczycy wcześniej traktowanej zarejestrowaną mieszaniną chlopyralid + pikloram.

W sytuacjach wymagających zastosowania herbicydów (np. chlopyralid + pikloram) nie należy obawiać się pozostałości tych substancji czynnych i ich niekorzystnego wpływu na elementy struktury nasion.

V. OGRANICZANIE SPRAWCÓW CHORÓB

1. Najważniejsze choroby

Gorczyca może być porażana przez kilku sprawców chorób, które występują również na innych gatunkach roślin, głównie na rzepaku jarym i ozimym (Wałkowski 1997; Jasińska i Kotecki 2003; Budzyński i Zając 2010). Między innymi z uwagi na szybki wzrost roślin i znacznie krótszy okres wegetacji niż rzepak ozimy, na gorczycy z reguły nie obserwujemy dużego nasilenia chorób. Niemniej jednak na plantacjach tej rośliny można już zaobserwować takie ważne gospodarczo choroby, jak: kiła kapusty (*Plasmodiophora barssicae* Woronin) oraz czerń krzyżowych [(*Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc, *A. brassicicola* (Schw.) Wiltsch. i *A. alternata* (Fr.) Keissler) (Farr i wsp. 1989; Zarychta 2014)]. Wzrost znaczenia kiły kapusty w ostatnich latach związany jest z częstą uprawą rzepaku ozimego i innych kapustowatych, np. gorczycy, rzepiku, rzepaku jarego, warzyw z tej rodziny na tym samym stanowisku (Korbas i wsp. 2009). Choroba ta powoduje bardzo istotne straty w plonie nasion. Ponadto stopniowo dochodzi do nagromadzenia materiału infekcyjnego w glebie. W niektórych rejonach ogranicza to areał uprawy wymienionych gatunków. Czerń krzyżowych w warunkach podwyższonej wilgotności występuje w dużym nasileniu na liściach i łuszczynach rzepaku ozimego. Z nich zarodniki przenoszone są z wiatrem na sąsiadujące zasiewy rzepaku jarego oraz gorczycy. Choroba powoduje przedwczesne zasychanie łuszczyn i osypywanie się nasion, co istotnie redukuje plon (Jajor i wsp. 2008). Powszechnie występującą w okresie pierwszych kilku tygodni wzrostu roślin chorobą, we wszystkich uprawach, również gorczycy, jest zgorzel siewek. Choroba ta pojawia się często przy nadmiernej wilgotności gleby z tendencją do jej zaskorupiania, przy zbyt gęstym i głębokim siewie. Objawia się ona przerzedzonymi wschodami i placowym wypadaniem roślin (Wałkowski 1997; Zarychta 2014). Sprawcami zgorzeli jest kompleks mikroorganizmów chorobotwórczych powszechnie występujących w glebie lub na nasionach.

Inne choroby występują w uprawie gorczycy rzadziej. Z reguły nie powodują one istotnych strat w plonie nasion i nie przyczyniają się do pogorszenia jego jakości. W sprzyjających dla rozwoju warunkach może jednak dojść do nasilenia ich wystąpienia. Tym bardziej, że większość sprawców tych chorób obserwowana jest również na rzepaku, który zajmuje istotną część areału roślin uprawianych w Polsce. W warunkach naszego kraju są to głównie: *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. Et de Not. [(*Phoma lingam* (Tode) Desm.)] – sprawca suchej zgnilizny gorczycy, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary powodujący zgniliznę twardzikową, *Botryotinia fuckeliana* (de Bary ex de Bary) Whetzel (*Botrytis cinerea* Pers.) – sprawca szarej pleśni, *Hyaloperonospora parasitica* (Pers.) Constant wywołujący mączniaka rzekomego krzyżowych i *Erysiphe cruciferarum* Opiz ex Junell – sprawca mączniaka prawdziwego. Natomiast częściej na gorczycy niż na rzepaku obserwowany jest bielik krzyżowych [określany też jako bielik, czyli biała rdza krzyżowych lub biała rdza) (*Albugo candida* (Pers.) Roussel)] – choroba powszechnie spotykana na chwastach i warzywach z rodziny kapustowatych (Zarychta 2014). Na gorczycy mogą wystąpić też, poza wymienionymi w tabelach, choroby bakteryjne i wirusowe. Niekiedy obserwuje się objawy infekcji wirusa mozaiki rzepaku (*Turnip mosaic virus*, TuMV), który powoduje zahamowanie wzrostu i rozwoju roślin, czego konsekwencją jest redukcja plonu. Patogen ten zimuje w roślinach ozimych (rzepaku, samosiewach, chwastach). Przenoszony jest z reguły przez mszyce, w sposób nietrwały. Na młodych liściach widoczna jest charakterystyczna mozaika jasno- i ciemnozielonych plam, których brzegi zaczynają się stopniowo rozmywać. Liście są drobniejsze i pomarszczone, a łuszczyny – mniej liczne i zdeformowane (Kryczyński i Weber 2011).

Wielkość strat powodowana przez patogeny uzależniona jest od rejonu uprawy, przedplonu, przebiegu pogody w sezonie i fazy rozwojowej roślin, w której dochodzi do infekcji. Choroby gorczycy powodowane są przez jednego lub kilku sprawców, a ich orientacyjne zagrożenie wystąpienia podano w tabeli 6.

W integrowanej metodzie ochrony roślin przydatna jest znajomość źródeł pierwotnych infekcji, czyli miejsc, w których bytuje patogen i z których dokonuje porażenia. Źródeł infekcji może być kilka, a zależą one od biologii sprawcy choroby. Ważnymi miejscami bytowania struktur organizmów chorobotwórczych, z których może dochodzić do infekcji siewek i młodych roślin, są nasiona oraz gleba. W glebie, np. na resztkach pożniwnych, obok grzybni lub zarodników mogą znajdować się struktury charakteryzujące się długą żywotnością, jak sklerocja zgnilizny twardzikowej czy zarodniki przetrwalnikowe kiły kapusty (Korbas i wsp. 2008). Część patogenów przeżywa na samosiewach oraz chwastach, przy czym szczególnie niebezpieczne są te, które bytują na roślinach z rodziny kapustowatych (bielik krzyżowych, szara pleśń). Oznacza to, że mogą również porazić gorczycę, jeśli znajdzie się na tym stanowisku. Ważna jest również wiedza na temat warunków pogodowych, które sprzyjają rozwojowi sprawców chorób,

Tabela 6. Znaczenie chorób gorczycy w Polsce

Choroba (sprawca)	Potencjalne zagrożenie
Bielik krzyżowych (biała rdza) (*Albugo candida*)	++
Czerń krzyżowych (*Alternaria* spp.)	+++
Kiła kapusty na gorczycy (*Plasmodiophora brassicae*)	+++ (lokalnie)
Mączniak prawdziwy (*Erysiphe cruciferarum, Erysiphe polygoni*)	+
Mączniak rzekomy krzyżowych (*Hyaloperonospora parasitica*)	++
Sucha zgnilizna gorczycy (*Leptosphaeria maculans*, st. kon. *Phoma lingam*)	+
Szara pleśń (*Botryotinia fuckeliana* st. kon. *Botrytis cinerea*)	+
Zgnilizna twardzikowa (*Sclerotinia sclerotiorum*)	+
Zgorzel siewek (*Pythium debaryanum, Rhizoctonia solani, Alternaria* spp., *Phoma lingam, Fusarium* spp. i in.)	++

„+" choroba o znaczeniu lokalnym; „++" choroba ważna; „+++" choroba bardzo ważna

ponieważ w konsekwencji może to przełożyć się na wzrost znaczenia ekonomicznego poszczególnych chorób (tab. 7). Zdecydowanie najczęściej do silnego rozwoju chorób na plantacjach dochodzi, gdy panuje umiarkowana temperatura i podwyższona wilgotność powietrza, na skutek częstych opadów, rosy, mgły itp. (Jajor i wsp. 2008, 2010; Zarychta 2014)

Wszystkie części roślin, praktycznie na każdym etapie rozwoju, mogą być porażane przez sprawców chorób. Infekcja siewek (zgorzel) prowadzi do zamierania, a więc przerzedzenia wschodów lub istotnego osłabienia roślin. Redukcja plonu wiąże się też z tym, że w porażonych liściach ograniczone są procesy asymilacji, natomiast zwiększa się intensywność transpiracji. Porażenie łodyg oraz korzeni powoduje ograniczenie przewodzenia substancji pokarmowych i wody, co skutkuje więdnięciem i zamieraniem roślin. Porażeniu ulegają również łuszczyny, co często bezpośrednio powoduje redukcję plonu na skutek osypywania się nasion. Jakość plonu zebranego z chorych roślin jest niezadowalająca, ponieważ nasiona są drobne, pomarszczone, uzyskuje się z nich mniej surowca, gorszej jakości.

Aby skutecznie chronić plantację, należy wiedzieć przede wszystkim, jakie choroby w danej fazie można zaobserwować, a następnie umieć rozpoznać objawy powodowane przez ich najważniejszych sprawców (tab. 8; ryc. 4; fot. 4–8). Właściwa diagnoza choroby lub chorób to niezbędny krok w integrowanej ochro-

Tabela 7. Najważniejsze źródła infekcji chorób oraz sprzyjające warunki do rozwoju ich sprawców

Choroba	Źródła infekcji	Sprzyjające warunki do rozwoju	
		temperatura	wilgotność gleby i powietrza
Bielik krzyżowych	samosiewy, chwasty z rodziny kapustowatych, nasiona	10–20°C	ponad 70%
Czerń krzyżowych	nasiona, resztki pożniwne, chwasty	12–25°C	ponad 70%
Kiła kapusty	zarodniki przetrwalnikowe w glebie, obornik (jeśli zwierzęta skarmiane były porażonymi roślinami), zanieczyszczone narzędzia i maszyny, woda, chwasty i samosiewy	6–35°C, optymalnie 20–24°C	wysoka
Mączniak prawdziwy	chwasty, samosiewy	15–28°C	niska (poniżej 60%)
Mączniak rzekomy kapustowatych	resztki pożniwne, samosiewy	10–20°C	wysoka (ok. 90%)
Sucha zgnilizna gorczycy	resztki pożniwne, samosiewy, nasiona	5–25°C	wysoka
Szara pleśń	resztki pożniwne, samosiewy, chwasty, nasiona, gleba	10–18°C, optymalnie 15°C	wysoka
Zgnilizna twardzikowa	sklerocja (przetrwalniki) w glebie oraz w materiale siewnym, resztki porażonych roślin	5–25°C, optymalnie 16–22°C	wysoka
Zgorzel siewek	gleba, nasiona	umiarkowana	wysoka

nie roślin. Objawy mogą być obserwowane przez cały okres wegetacji, na wszystkich organach roślin: od korzeni, przez pędy i liście do kwiatów i łuszczyn. Dlatego w kolumnie tabeli z cechami diagnostycznymi wyodrębniono części roślin, aby łatwiej można było określić sprawcę choroby. Niekiedy symptomy obserwowane na poszczególnych częściach roślin są zbliżone, a czasami diametralne różne. Nierzadkie są sytuacje, gdy na jednej roślinie, a nawet jej organie, obserwujemy kilka różnych plamistości. Może to być związane między innymi z tzw. infekcją mieszaną, czyli kilkoma sprawcami chorób jednocześnie. To zdecydowanie utrudnia identyfikację sprawcy. Aby ją ułatwić, w ostatniej kolumnie podano nazwy chorób, które mogą powodować podobne do opisywanych objawy. Należy też pamiętać, że kiła kapusty właściwe objawy powoduje na korzeniach, zatem aby stwierdzić tę chorobę, należy rośliny delikatnie wykopać. Pewnym ułatwieniem

Tabela 8. Cechy diagnostyczne najważniejszych chorób gorczycy

Choroba	Cechy diagnostyczne	Możliwość pomylenia objawów z inną chorobą lub czynnikiem
Bielik krzyżowych	**Liście** – na spodniej stronie liści pojawiają się białe, pęcherzykowate zmiany (struktury patogena). Początkowo drobne, następnie obejmują coraz większe obszary tkanek. Na wierzchniej stronie liści, w miejscu pojawienia się białych zmian, tworzą się chlorotyczne przebarwienia. **Łodyga** – białe, pęcherzykowate zmiany (struktury patogena). Następuje zahamowanie wzrostu, a pędy są zniekształcone (kształt pastoralny. **Kwiatostan** – białe, pęcherzykowate zmiany (struktury patogena). Kwiatostany są zniekształcone i często przybierają kształt pastoralny.	mączniak rzekomy krzyżowych, sucha zgnilizna gorczycy, szara pleśń, czerń krzyżowych
Czerń krzyżowych	**Siewka** – na liścieniach owalne, brunatne plamy, przewężenie szyjki korzeniowej oraz czarne plamy na części podliścieniowej łodygi. W wyniku infekcji rośliny zamierają (zgorzel siewek). **Liście** – owalne, wklęsłe plamy o barwie od jasnobrunatnej do czarnej z chlorotyczną otoczką. Na większych plamach często występuje koncentryczne strefowanie. Plamy stopniowo się zlewają. **Łodyga** – wydłużone, czarne lub bladoszare plamy o wyraźnie zaznaczonych brzegach. **Łuszczyny** – owalne lub podłużne, wklęsłe plamy o barwie brunatnej lub czarnej, powodujące zniekształcenie łuszczyn oraz ich przedwczesne pękanie.	mączniak rzekomy krzyżowych, sucha zgnilizna gorczycy, szara pleśń
Kiła kapusty na gorczycy	**Korzeń** – początkowo jasne, twarde narośla o zróżnicowanym kształcie oraz wielkości, które następnie ciemnieją i rozpadają się. Zmiany występują na korzeniu głównym, korzeniach bocznych, a niekiedy również na szyjce korzeniowej. **Liście** – żółknące, a następnie czerwieniejące, które pojawiają się często placowo. Liście więdną, a ich wzrost zostaje zahamowany (objawy niespecyficzne). **Łodyga** – więdnięcie oraz zahamowanie wzrostu. Może wystąpić przyspieszone pąkowanie oraz kwitnienie (objawy niespecyficzne).	zgorzele siewek; chowacz galasówek
Mączniak prawdziwy	**Liście** – owalne place białego, mączystego nalotu (grzybnia patogena), które stopniowo rozrastają się, pokrywając całą powierzchnię liścia. Liście żółkną i zamierają. **Łodyga** – owalne place białego, mączystego nalotu (grzybnia patogena), które stopniowo rozrastają się, pokrywając całą powierzchnię łodygi. Pod nalotem często pojawiają się brunatnofioletowe plamy.	szara pleśń, sucha zgnilizna gorczycy

Tabela 8. Cechy diagnostyczne najważniejszych chorób gorczycy – cd.

Choroba	Cechy diagnostyczne	Możliwość pomylenia objawów z inną chorobą lub czynnikiem
Mączniak prawdziwy cd.	**Łuszczyny** – owalne place białego, mączystego nalotu (grzybnia patogena), które stopniowo rozrastają się, pokrywając całą powierzchnię łuszczyny.	
Mączniak rzekomy krzyżowych	**Siewki** – delikatny, szarobiały nalot (grzybnia patogena) pojawiający się na dolnej stronie liścieni. Rośliny żółkną, a następnie zamierają. **Liście** – delikatny, szarobiały nalot (grzybnia patogena) występujący na dolnej stronie blaszki; na górnej stronie blaszki liściowej (w miejscu wystąpienia nalotu) żółte, nieregularne plamy z brunatną lub czarną obwódką. Liście żółkną oraz zamierają. Na roślinie pojawiają się zniekształcone kwiatostany. Roślina nie wytwarza łuszczyn ani nasion.	sucha zgnilizna gorczycy, szara pleśń, czerń krzyżowych, bielik krzyżowych
Sucha zgnilizna gorczycy	**Siewka** – owalne, brunatne nekrozy, przewężenie szyjki korzeniowej lub części korzenia. W wyniku infekcji rośliny zamierają (zgorzel siewek). **Liście** – małe, żółte przebarwienia, które powiększają się, tworząc owalne, jasnobrązowe, beżowe lub szare nekrozy otoczone często żółtą (chlorotyczną) obwódką. Na powierzchni plam widoczne są skupiska piknidiów (czarne, kuliste punkty). **Łodyga** – podłużne, rozległe, jasnobrunatne plamy otoczone brunatnoczerwoną obwódką. Na powierzchni plam widoczne są skupiska piknidiów. **Szyjka korzeniowa** – początkowo ciemnobrunatne plamy, które pogłębiając się, korkowacieją i murszeją. W okresie dojrzewania rośliny powodują wyłamywanie się łodyg. **Łuszczyny** – rozległe, jasnobrunatne plamy otoczone brunatną obwódką. Na powierzchni plam widoczne są skupiska piknidiów.	mączniak rzekomy krzyżowych, czerń krzyżowych, bielik krzyżowych
Szara pleśń	**Liście** – zagłębione, nieregularne, sinozielone plamy pokryte szarobrązowym nalotem (grzybnia i zarodniki konidialne patogena). Liście deformują się i zamierają. **Łodyga** – zagłębione, nieregularne, szarobrunatne plamy pokryte szarym nalotem (grzybnia i zarodniki konidialne patogena). Mogą powodować wyłamywanie się i zamieranie łodyg. **Łuszczyny** – zagłębione, nieregularne, szarobrunatne plamy pokryte szarym nalotem (grzybnia i zarodniki konidialne patogena). Infekcja powoduje przedwczesne zasychanie i pękanie łuszczyn oraz osypywanie nasion.	sucha zgnilizna gorczycy, zgnilizna twardzikowa, mączniak rzekomy krzyżowych, bielik krzyżowych
Zgnilizna twardzikowa	**Liście** – strefowane, szarobiałe plamy. **Łodyga** – białoszare, niekiedy koncentrycznie	szara pleśń

Tabela 8. Cd.

Choroba	Cechy diagnostyczne	Możliwość pomylenia objawów z inną chorobą lub czynnikiem
Zgnilizna twardzikowa cd.	strefowane plamy rozszerzające się na cały obwód łodygi; wewnątrz, a często także na powierzchni łodyg, pojawia się gęsta, watowata, biała grzybnia oraz czarne, kuliste przetrwalniki grzyba (sklerocja). **Łuszczyny** – łuszczyny bieleją, a na ich powierzchni i wewnątrz rozwija się grzybnia oraz powstają kuliste, czarne sklerocja.	
Zgorzel siewek	**Siewka** – owalne, brunatne nekrozy obejmujące szyjkę korzeniową, a często również korzeń. Powstają charakterystyczne przewężenia, w wyniku których roślina więdnie i zamiera. **Liścienie** – chlorotyczne nekrozy oraz więdnięcie. **Łodyga** – biały nalot grzybni patogena (opilśń).	uszkodzenia przez szkodniki lub użycie niewłaściwego herbicydu

Źródło: Kryczyński i Weber 2010; Zarychta 2014

jest to, że na części nadziemnej takich roślin można zauważyć tzw. objawy niespecyficzne, czyli np. więdnięcie i zmianę zabarwienia liści, ponieważ rośliny przez uszkodzone korzenie nie mogą pobierać wody i substancji pokarmowych. Jednak objawy te mogą być spowodowane również niedoborem wilgoci lub składników pokarmowych w glebie (Korbas i wsp. 2009).

2. Niechemiczne metody ochrony przed chorobami

Strategie, które są stosowane w integrowanej ochronie gorczycy w celu ograniczania wystąpienia i rozprzestrzeniania się choroby lub chorób zależą od plantatora. Do podstawowych należy zaliczyć przede wszystkim metodę agrotechniczną, a następnie także hodowlaną oraz biologiczną (tab. 9).

Metoda hodowlana

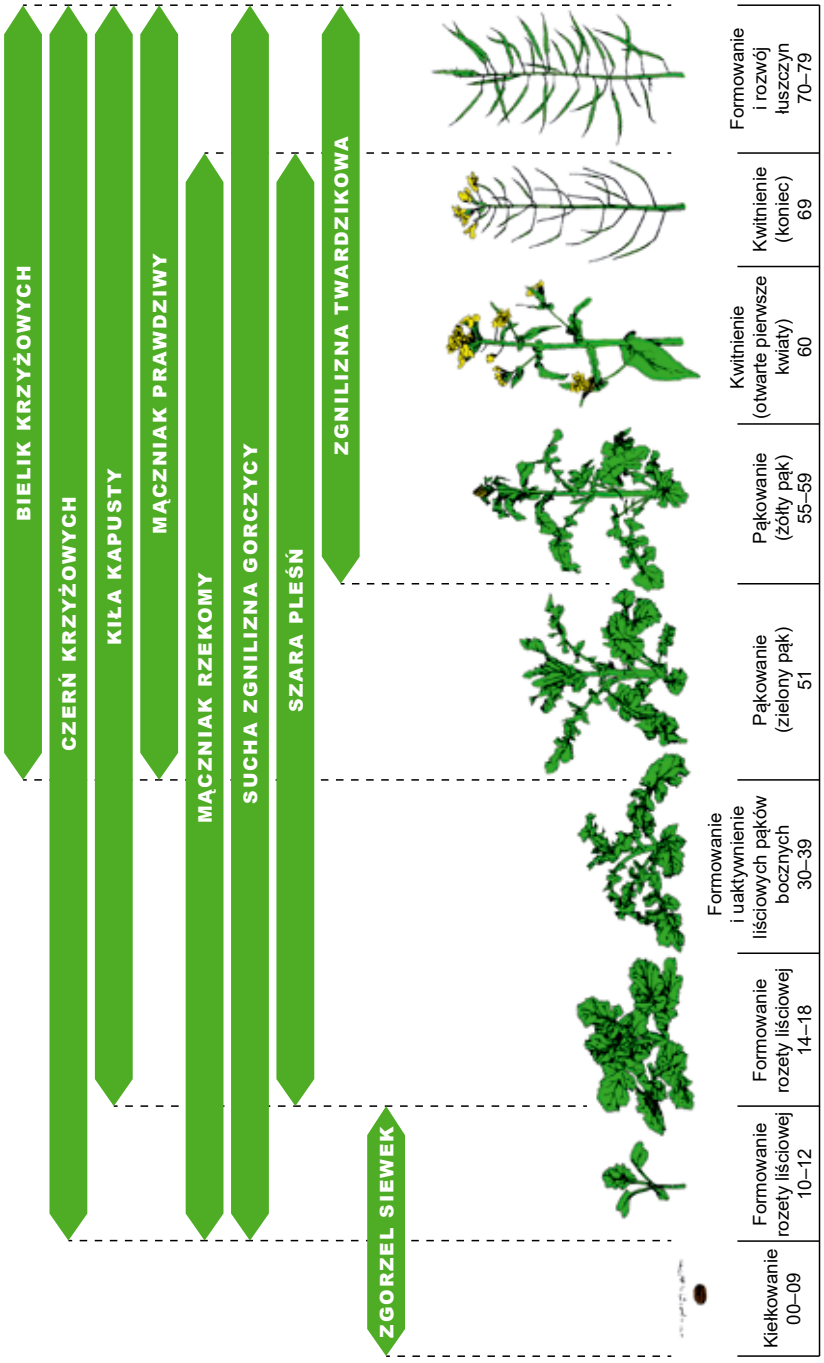
W praktyce realizowanie tej metody polega na wyborze odmian o możliwie największej odporności na porażenie przez sprawców chorób (Häni i wsp. 1998). Plantator, przewidując potencjalne zagrożenie na podstawie wiedzy o patogenach występujących w danym rejonie, może wybrać odmianę o podwyższonej odporności na te organizmy. W ten sposób ogranicza się istotnie problemy związane z wystąpieniem chorób. Plantatorzy mają do dyspozycji odmiany gorczycy, które charakteryzują się stosunkowo dobrą odpornością lub tolerancją na infekcje przez patogeny. W Krajowym Rejestrze Odmian (KR) obecnie wpisanych jest 14

Tabela 9. Najważniejsze metody ograniczania sprawców chorób gorczycy

Choroba	Metody ograniczania sprawcy
Bielik krzyżowych	płodozmian, zdrowe nasiona, niszczenie resztek pożniwnych, izolacja przestrzenna od upraw innych roślin kapustowatych, optymalne nawożenie, niszczenie chwastów
Czerń krzyżowych	płodozmian, zdrowe nasiona, niszczenie resztek pożniwnych, izolacja przestrzenna od upraw innych roślin kapustowatych, optymalne nawożenie, niszczenie chwastów, siew odmian o podwyższonej odporności
Kiła kapusty na gorczycy	płodozmian, wapnowanie przed siewem, zwalczanie chwastów z rodziny kapustowatych w uprawach następczych, uregulowanie stosunków wodnych w glebie, unikanie zbyt wczesnego siewu, dokładne czyszczenie maszyn, które używano na zainfekowanych polach
Mączniak prawdziwy	płodozmian, niszczenie resztek chorych roślin, właściwa norma i termin wysiewu, optymalne nawożenie
Mączniak rzekomy krzyżowych	płodozmian, niszczenie resztek pożniwnych, optymalny termin siewu, właściwa głębokość i norma wysiewu, izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, optymalne nawożenie
Sucha zgnilizna gorczycy	płodozmian, niszczenie resztek pożniwnych, odmiany o większej odporności, zwalczanie szkodników, izolacja przestrzenna od upraw innych roślin kapustowatych, właściwa głębokość i norma wysiewu, optymalne nawożenie
Szara pleśń	płodozmian, niszczenie resztek pożniwnych, izolacja przestrzenna form jarych od ozimych, optymalne nawożenie
Zgnilizna twardzikowa	płodozmian (unikanie roślin kapustowatych, strączkowych, słonecznika i innych żywicieli) właściwa norma wysiewu kwalifikowanego materiału, optymalne nawożenie
Zgorzel siewek	płodozmian, optymalny termin siewu, właściwa głębokość i norma wysiewu, dobra struktura gleby, optymalne nawożenie

odmian gorczycy białej, a we Wspólnotowym Katalogu Odmian Roślin Rolniczych (CCA) znajduje się aktualnie 156 odmian tego gatunku. Odmiany różnią się między sobą wielkością plonowania oraz składem chemicznym nasion, a także głównymi cechami rolniczo-użytkowymi, takimi jak: wczesność, wysokość roślin, odporność na wyleganie i choroby, a także możliwością ograniczania liczebności mątwika burakowego w glebie. W badaniach COBORU określa się między innymi stopień porażenia odmian gorczyc przez sprawców czerni krzyżowych. Do odmian, które wykazują większą od średnich odporność na porażenie przez *Alternaria* spp. należą: Bardena, Maryna, Nakielska i Radena. Wiedząc, jakie choroby w danym rejonie występują, trafniej można dobrać odpowiednią odmianę lub odmiany dające gwarancję stabilności plonowania.

Dodatkowe informacje znajdują się na stronie: www.coboru.pl



Ryc. 4. Występowanie najważniejszych chorób podczas wegetacji gorczycy

Fot. 4. Czerń krzyżowych – liczne, brunatne plamy na liściach gorczycy (fot. M. Korbas)

Fot. 5. Kiła kapusty na gorczycy – zniekształcony korzeń rośliny (fot. M. Korbas)

Fot. 6.
Szara pleśń – silne porażenie łodygi powoduje zamieranie całej rośliny (fot. M. Korbas)

Metoda agrotechniczna

W integrowanej ochronie roślin metoda agrotechniczna jest jedną z ważniejszych metod ograniczania zagrożenia ze strony patogenów. W warunkach ograniczenia możliwości użycia alternatywnych metod zwalczania, zabiegi agrotechniczne nabierają szczególnego znaczenia. Ma to miejsce w uprawach, w których pozostałe metody ochrony, tj. hodowlana, biologiczna czy chemiczna, znajdują niewielkie zastosowanie.

Pierwszym krokiem umożliwiającym roślinom prawidłowy wzrost i rozwój, a tym samym większą odporność na choroby, jest wybór odpowiednio zasobnego stanowiska. Ważnym elementem jest też prawidłowe zmianowanie (Häni i wsp. 1998; Korbas i wsp. 2008). Następstwo roślin powinno uwzględniać nie tylko wymagania agrotechniczne, ale i fitosanitarne. Częsta uprawa tego samego gatunku

Fot. 7.
Zgnilizna twardzikowa – biała grzybnia sprawcy choroby na łodygach gorczycy (fot. M. Korbas)

Fot. 8.
Zgnilizna twardzikowa – zasychające łuszczyny gorczycy (fot. M. Korbas)

lub innych gatunków, ale z tej samej rodziny (w tym przypadku rzepaku ozimego, jarego, rzepiku itp.) powoduje, że wzrasta zagrożenie ze strony wielu agrofagów, w tym sprawców chorób (Muśnicki 1999). Wynika to stąd, że wspomniane gatunki są porażane często przez te same patogeny, a im częściej pojawiają się one na danym stanowisku, tym ilość materiału infekcyjnego, np. zarodników przetrwalnikowych kiły kapusty, sklerocjów zgnilizny twardzikowej, resztek pożniwnych ze znajdującymi się tam strukturami grzybów, jest więcej. Ryzyko rozwoju chorób i spowodowanych nimi strat w takich warunkach, na każdym uprawianym gatunku z rodziny kapustowatych, jest z roku na rok większa. Uprawę odmian gorczycy białej trzeba bezwzględnie wyeliminować w płodozmianie z rzepakiem w warunkach zagrożenia kiłą kapusty. Rośliny gorczycy są bowiem porażane przez sprawcę kiły kapusty i powodują jego namnażanie, a tym samym wzrost liczebności w glebie (Korbas i wsp. 2009). Gorczyca biała jest najbardziej rozpowszechnionym gatunkiem uprawianym w międzyplonie ścierniskowym. Chociaż uprawa gorczycy w międzyplonie jest związana w danym sezonie z uprawą innych gatunków niż kapustowate, to taki poplon lub plon główny należy również wziąć pod uwagę, planując w kolejnych latach uprawę rzepaku na tym stanowisku. Dotyczy to również chwastów z tej rodziny, dlatego ich zwalczanie w uprawach stanowiących przedplon jest elementem ograniczającym rozwój sprawców chorób, w tym między innymi kiły kapusty i bielika krzyżowych. W zmianowaniach powinno się również unikać uprawy roślin podatnych na porażenie przez sprawcę zgnilizny twardzikowej, tj. nie tylko rzepaku, ale również np. słonecznika, roślin bobowatych czy psiankowatych.

Uprawa powinna być tak zlokalizowana, aby nie sąsiadowała z innymi uprawami rzepaku ozimego, jarego lub gorczycy. Im bliżej zlokalizowane są plantacje tych gatunków, tym większe ryzyko ich porażenia przez patogeny, w tym przede wszystkim przez sprawców czerni krzyżowych czy szarej pleśni. Zarodniki patogenów mogą bowiem wraz z wiatrem przemieszczać się na inne sąsiadujące plantacje podatnych gatunków, powodując kolejne infekcje.

Do siewu należy używać kwalifikowany materiał siewny. Ważne, aby nasiona były zdrowe, wolne od zarodników grzybów na powierzchni (*Alternaria* spp., *B. cinerea*, *Fusarium* spp., *Cladosporium cladosporoides* i in.) i od różnych zanieczyszczeń, np. sklerocjów zgnilizny twardzikowej (Pusz i wsp. 2012). Większą odporność na porażenie przez sprawców chorób, np. zgorzeli siewek czy czerni krzyżowych, zapewnia siew właściwej ilości nasion, na odpowiednią głębokość, w dobrze przygotowaną glebę. W pewnym stopniu również siew w szerszej rozstawie rzędów, zapewniający lepsze przewietrzanie łanu, obniża zagrożenie ze strony sprawców chorób (Toboła 2010). Przedłużone wschody, nadmierne zagęszczenie, zaskorupiona gleba, uszkodzenia przez szkodniki, uszkodzenia mechaniczne, a także brak zrównoważonego nawożenia, osłabiają rośliny, sprawiając, że są one łatwiej atakowane przez organizmy chorobotwórcze.

W ramach stosowania integrowanej ochrony gorczycy przed sprawcami chorób, zgodnie z Dobrą Praktyką Ochrony Roślin, należy stosować zasady higieny fitosanitarnej, polegające na: czyszczeniu sprzętu rolniczego, maszyn wykorzystywanych przy zbiorze plonu, unikaniu łączenia nasion pochodzących z plantacji zdrowych i zainfekowanych. Ma to szczególne znaczenie w ograniczaniu porażenia roślin przez sprawcę kiły kapusty (Korbas i wsp. 2009).

Wspomniane ważniejsze agrotechniczne metody ograniczania sprawców chorób przynoszą pożądany skutek, jeżeli plantator podczas prowadzenia uprawy korzysta z wielu różnych sposobów. Przestrzeganie zasad prawidłowej agrotechniki zapewnia roślinom dobrą kondycję, a tym samym zmniejsza ich podatność na porażenie przez patogeny, co umożliwia roślinom wydanie dobrego plonu pod względem jakościowym i ilościowym.

Metoda biologiczna

Ważną pozycję w integrowanej ochronie gorczycy zajmuje metoda biologiczna. Polega ona na zwalczaniu patogenów przy użyciu czynników biologicznych, a są to między innymi organizmy antagonistyczne, nadpasożytnicze lub środki pochodzenia naturalnego (Kryczyński i Weber 2010). Najczęściej jako czynniki biologiczne stosuje się mikroorganizmy, które naturalnie występują na roślinach lub w ich otoczeniu, nie są dla nich patogeniczne i charakteryzują się stabilnością genetyczną, łatwą hodowlą, trwałością oraz odpornością na różne warunki środowiska, działanie patogenów lub chemicznych środków ochrony roślin (Sobiczewski 2009). W praktyce nie ma środków biologicznych, które mogłyby być użyte do zwalczania patogenów gorczycy. Metodę biologiczną można stosować jednak pośrednio, wzbogacając życie mikrobiologiczne za pomocą nawożenia organicznego. W nawozach organicznych znajdują się liczne grzyby, bakterie i promieniowce. Wśród nich często występują też organizmy mające zdolność niszczenia patogenów powodujących choroby, np. grzyby rodzaju *Trichoderma* czy bakterie rodzaju *Bacillus*.

Należy również podkreślić ważne właściwości samej gorczycy. Jej uprawa, jako międzyplonu ścierniskowego lub plonu głównego, poprawia wyraźnie jakość stanowiska, pozostawiając znaczne ilości rozkładającej się biomasy. Ogranicza ona skutecznie zachwaszczenie i rozwój wielu patogenów, dzięki czemu zmniejszają się nakłady na nawożenie i ochronę oraz wzrasta plonowanie roślin następczych. Pobudzają one silnie biologiczną aktywność gleby, w wyniku czego rozwija się wspomniana wyżej mikroflora glebowa, która pasożytuje na szkodliwych dla roślin uprawnych grzybach i nicieniach (Gutmański i wsp. 1999; Lütke-Entrup 2001).

3. Metody określania liczebności porażonych roślin i progi szkodliwości

Dokładne i częste obserwacje pól dostarczają wielu istotnych informacji niezbędnych w prowadzeniu uprawy. Stwierdza się w ten sposób występowanie różnych agrofagów, w tym patogenów, i ich nasilenie. Przydatna może być również znajomość historii pola – warto wiedzieć, czy i jakie choroby oraz w jakim nasileniu występowały w tym rejonie (również na innych roślinach, np. kapustowatych, bobowatych, psiankowatych). Warto wiedzieć, czy były to choroby (jak kiła kapusty, zgnilizna twardzikowa), których sprawcy mogą przetrwać w glebie przez wiele lat.

Lustracja plantacji powinna być prowadzona przez cały sezon, regularnie, na reprezentatywnym obszarze pola. Analizuje się losowo w 4–6 różnych punktach pola po 25 roślin, ogółem od 100 do 150, w zależności od wielkości pola, i ocenia procent roślin z pierwszymi objawami danej choroby na liściach i łodygach oraz na korzeniach. W ocenie zdrowotności roślin przydatne jest szkło powiększające. Diagnostykę, czyli prawidłowe rozpoznawanie najważniejszych chorób gorczycy, umożliwia tabela 8. Istotne znaczenie ma też czas, w którym prowadzi się identyfikację. W niektórych przypadkach, zwłaszcza jeśli panują dogodne warunki do rozwoju patogenów, zagrożenie może się szybko zwiększyć. Zgromadzone informacje mogą stanowić uzasadnienie konieczności zastosowania środka ochrony roślin, np. fungicydu. Można też wykorzystać je w planowaniu przyszłego płodozmianu (Farr i wsp. 1989; Häni i wsp. 1998). Obecność zgnilizny twardzikowej, a przede wszystkim kiły kapusty, dyskwalifikuje uprawę gorczycy w zmianowaniu z rzepakiem. W uprawie gorczycy nie opracowano dla warunków naszego kraju progów szkodliwości wymienionych sprawców chorób.

4. Systemy wspomagania decyzji

Bardzo ważnym elementem określania terminu zabiegu jest właściwa sygnalizacja występowania agrofagów. Tylko dzięki prawidłowo prowadzonym obserwacjom możemy stwierdzić, w jakim stadium rozwojowym znajduje się dany patogen i czy stanowi on istotne zagrożenie. O efektywności ochrony roślin decyduje w dużym stopniu trafne określenie terminu zabiegu, co często ma większy wpływ na skuteczność zwalczania agrofagów niż dawka preparatu. W wyznaczaniu optymalnych terminów chemicznego zwalczania pomocne są systemy wspomagania decyzji.

Dzięki pracom badawczym, w uprawie rzepaku można zastosować obecnie narzędzia pomocne w określaniu zagrożenia suchą zgnilizną kapustnych i zgnilizną twardzikową. Te same choroby mogą wystąpić również w uprawie gorczycy

i powodować straty o charakterze gospodarczym. Jeżeli wystąpi takie zagrożenie w uprawie gorczycy, można rozważyć zastosowanie wskazanych poniżej systemów.

Sucha zgnilizna kapustnych – termin zabiegu chemicznego można wyznaczyć na podstawie monitoringu występowania askospor *Leptosphaeria* spp. (SPEC – System Prognozowania Epidemii Chorób), który jest dostępny pod adresem **http://cropnet.pl/dbases/spec/**. Po stwierdzeniu dużego stężenia askospor w powietrzu należy wykonać zabieg, zwłaszcza gdy warunki agroklimatyczne sprzyjają rozwojowi choroby (Jędryczka 2006).

Zgnilizna twardzikowa – opracowano „test płatkowy", dzięki któremu można ocenić zagrożenie plantacji przez sprawcę tej choroby w czasie kwitnienia rzepaku. W tym celu pobiera się kwiatostany z roślin w różnych losowo wybranych punktach pola, a następnie wykłada się płatki kwiatowe na specjalnie przygotowaną pożywkę. Po 3–4 dniach uzyskuje się wynik testu. Zmiana zabarwienia pożywki wskazuje na zagrożenie plantacji zgnilizną twardzikową (Brachaczek i wsp. 2012).

Dodatkowe informacje znajdują się na stronach:
www.ior.poznan.pl; www.iung.polawy.pl; www.ihar.edu.pl; www.imgw.pl; www.minrol.gov.pl; www.cdr.gov.pl; www.piorin.gov.pl

5. Chemiczne metody ochrony przed chorobami

Podstawą integrowanej ochrony roślin jest stosowanie metod niechemicznych, a dopiero w sytuacji, gdy te metody okażą się niewystarczające, można przystąpić do wyboru chemicznego środka grzybobójczego. Zgodnie z zaleceniami dyrektywy unijnej należy stosować fungicydy niskiego ryzyka i w takich dawkach, aby wykazywały jak najmniejsze właściwości toksyczne dla ludzi, zwierząt i środowiska. Fungicydy mogą wykazywać działanie zapobiegawcze, interwencyjne i wyniszczające. Źródłem wielu informacji dotyczących cech fungicydu, okresów karencji i prewencji, toksyczności, dawek, a także ryzyka stwarzanego dla środowiska (w tym wodnego) jest etykieta stosowania środka ochrony roślin.

W integrowanej ochronie przed sprawcami chorób ważnym i skutecznym zabiegiem jest zaprawianie nasion. Chroni ono bowiem kiełkujące, delikatne rośliny we wczesnych fazach wzrostu przed infekcją ze strony organizmów bytujących w glebie, na chwastach lub samosiewach, a także znajdujących się na powierzchni lub wewnątrz nasion (np. sprawcy zgorzeli siewek, mączniaka rzekomego, czerni krzyżowych, suchej zgnilizny kapustnych).

Kolejnym etapem ochrony chemicznej jest opryskiwanie fungicydami. Termin wykonania zabiegu zależy od fazy rozwojowej roślin oraz biologii patogenów, które w danym okresie powodują największe szkody. Niedawno do stosowania w gor-

czycy zarejestrowano dwa fungicydy. Być może w najbliższym czasie ich liczba wzrośnie, dzięki czemu, jeśli pojawi się wysokie zagrożenie wystąpienia zgnilizny twardzikowej, suchej zgnilizny kapustnych, szarej pleśni czy czerni krzyżowych, będzie można skutecznie ograniczać populację sprawców tych chorób.

Środki grzybobójcze wymagają dokładnego naniesienia cieczy użytkowej na chronione części gorczycy. W tym celu do aplikacji fungicydów zaleca się stosowanie rozpylaczy, które wytwarzają drobne krople. Zabieg należy przeprowadzić, gdy siła wiatru nie przekracza 4 m/s, a temperatura 25°C. Fungicydy triazolowe należy stosować w temperaturze powyżej 12°C. Szczegółowe informacje na temat stosowania środków ochrony roślin, w tym fungicydów, znajdują się w rozdziale XII.

Wszystkie potrzebne dane na temat zarejestrowanych zapraw i fungicydów można znaleźć na stronie: **http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin**.

VI. OGRANICZANIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ SZKODNIKI

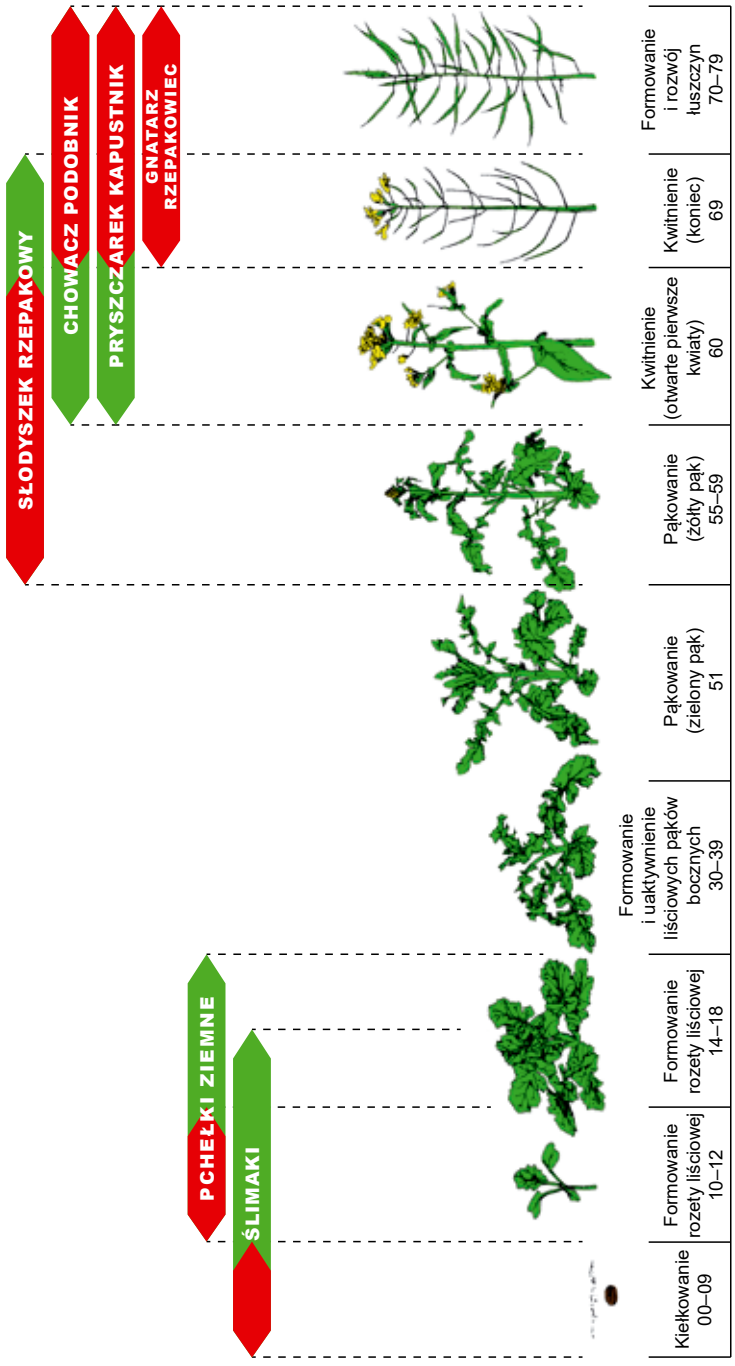
1. Ważniejsze gatunki szkodników

Na gorczycy może żerować wiele gatunków owadów szkodliwych. Zdecydowana większość z nich to szkodniki rozwijające się na rzepaku, zarówno ozimym, jak i jarym (Wałkowski 1997). Część z nich to ważne ekonomicznie gatunki. W przypadku gorczycy zagrożenie pojawem szkodników jest mniejsze niż u rzepaku, jednak może wystąpić każdego roku, a poszczególne gatunki mogą spowodować znaczne straty ekonomiczne (tab. 10, ryc. 5) (Budzyński 2013).

Tabela 10. Znaczenie szkodników gorczycy w Polsce

Szkodnik	Znaczenie
Bielinki (Pieridae)	+
Chowacz podobnik (*Ceutorhynchus obstrictus*)	+++
Drutowce (Elateridae)	+
Gnatarz rzepakowiec (*Athalia rosae*)	++
Lenie (*Bibio* sp.)	+
Mszyce (Aphididae)	++
Pchełki ziemne (Phyllotreta sp.)	++
Pędraki (Melolonthidae)	+
Pryszczarek kapustnik (*Dasyneura napi*)	+++
Rolnice (Agrotinae)	+
Słodyszek rzepakowy (*Meligethes aeneus*)	+++
Ślimaki (Gastropoda)	+
Śmietka kapuścianka (*Delia radicum*)	++
Tantniś krzyżowiaczek (*Plutella xylostella*)	+
Wciornastki (Thysanoptera)	++
Gryzonie (Rodentia)	+
Zwierzęta łowne i ptaki	+

„+" szkodnik o znaczeniu lokalnym, „++" szkodnik ważny, „+++" szkodnik bardzo ważny



Ryc. 5. Występowanie i zwalczanie szkodników w uprawie gorczycy

Począwszy od pierwszych faz rozwojowych, na gorczycy mogą żerować pchełki ziemne (*Phyllotreta* sp.). Do najbardziej znanych należą: pchełka czarna (*Phyllotreta atra* Fabr.) i pchełka smużkowana (*Phyllotreta nemorum* L.) i pchełka falistosmuga (*Phyllotreta undulata* Kuts.). Niewielkie chrząszcze uszkadzają liścienie i młode liście, wygryzając w nich małe otwory (Mrówczyński i wsp. 2017). Również w tym okresie największe straty mogą powodować szkodniki glebowe, a wśród nich: rolnice (Agrotinae) (fot. 9), pędraki (Melolonthidae), drutowce (Elateridae) i lenie (*Bibio* sp.) (Mrówczyński 2013a). W okresie rozwoju gorczycy rośliny mogą być atakowane przez tantnisia krzyżowiaczka (*Plutella xylostella* L.) (fot. 10), bielinki (Pieridae), piętnówki (Hadeninae) i gnatarza rzepakowca (*Athalia rosae* L.) (fot. 11). Larwy tych szkodników żerują na liściach, szkieletują je i mogą powodować gołożery (Wałkowski 1997; Mrówczyński i wsp. 2017). Równie groźny może być masowy pojaw mszyc (Aphididae), coraz częściej i liczniej mogą występować ślimaki (Gastropoda) (Mrówczyński 2013a). W późniejszych fazach rozwojowych roslin zagrożeniem mogą być chowacz podobnik (*Ceutorhynchus obstrictus* Marsh.) i pryszczarek kapustnik (*Dasineura napi* Loew). Larwy tych gatunków rozwijają się w łuszczynach, niszcząc nasiona (Mrówczyński i wsp. 2017).

Najgroźniejszym jednak gatunkiem pozostaje słodyszek rzepakowy (*Meligethes aeneus* Fabr.). Chrząszcze słodyszka (fot. 12) wielkości od 1,5 do 2,5 mm, podłużnie owalne, z zielono niebieskawym połyskiem. Przegryzają pąki kwiatowe, chcąc dostać się do pyłku. Powstałe w ten sposób uszkodzenia powodują usychanie i odpadanie pąków. Jaja składane są do ich wnętrza. Wylęgające się z jaj larwy odżywiają się pyłkiem kwiatowym, ale nie wyrządzają roślinom większych szkód. Larwa długości od 3,5 do 4 mm, żółtobiała, na górnej stronie od dwóch do trzech ciemnych plam na każdym segmencie ciała pokrytego rzadkimi włoskami, trzy krótkie pary odnóży. Larwy przepoczwarczają się w glebie, postacie dorosłe pojawiają się w lipcu, żerując do sierpnia, kiedy to szukają kryjówek do przezimowania (Bereś 2014; Mrówczyński i wsp. 2017).

2. Niechemiczne metody ochrony przed szkodnikami

Niechemiczne metody ochrony plantacji przed szkodnikami są szczególnie pożądane w integrowanych programach ochrony. W walce ze szkodnikami stosuje się metodę agrotechniczną, hodowlaną lub biologiczną. Wybór właściwej metody zależy od gatunku zwalczanego szkodnika (tab. 11).

Metoda agrotechniczna

Przestrzeganie podstawowych zaleceń agrotechnicznych ma duże znaczenie i jest podstawą skutecznych programów ochrony gorczycy przed szkodnikami.

Fot. 9. Gąsienice rolnic (fot. T. Klejdysz)

Fot. 10. Gąsienice tantnisia krzyżowiaczka żerują na liściach gorczycy (fot. T. Klejdysz)

Fot. 11. Larwy gnatarza rzepakowca mogą w krótkim czasie powodować gołożery (fot. T. Klejdysz)

Fot. 12. Chrząszcze słodyszka rzepakowego przegryzają pąki (fot. G. Pruszyński)

Tabela 11. Niechemiczne metody ograniczania liczebności szkodników

Szkodnik	Metody i sposoby ochrony
Bielinki	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych
Chowacz podobnik	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wysiew odmian późno zakwitających
Drutowce	agrotechnika, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion
Gnatarz rzepakowiec	izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion
Lenie	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion
Mszyce	izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wczesny siew nasion
Pchełki ziemne	izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion
Pędraki	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion
Pryszczarek kapustnik	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wysiew odmian późno zakwitających
Rolnice	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion
Słodyszek rzepakowy	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wysiew odmian wcześnie zakwitających
Ślimaki	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, izolacja przestrzenna od innych kapustowatych, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion
Śmietka kapuściana	izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion
Tantniś krzyżowiaczek	izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych
Wciornastki	izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych
Gryzonie	zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion, metody biologiczne
Zwierzyna łowna i ptaki	izolacja przestrzenna od innych roślin kapustowatych, wczesny siew nasion, zwiększenie normy wysiewu nasion, odstraszanie (metody mechaniczne)

Unikanie uprawy gorczycy po rzepaku lub innych roślinach kapustowatych i przestrzeganie dostatecznie dużej izolacji przestrzennej między tego- i ubiegłoroczną plantacją gorczycy lub rzepaku znacznie ułatwia i zmniejsza koszty zwalczania takich szkodników, jak słodyszek rzepakowy czy pryszczarek kapustnik. Usuwanie chwastów oraz resztek pożniwnych ogranicza występowanie tantnisia krzyżowiaczka, a także rolnic. Prawidłowo wykonywana orka oraz podorywka powodują zmniejszenie zagrożenia przez szkodniki. Ze względów fitosanitarnych nie

należy uprawiać gorczycy na tym samym polu częściej niż co cztery lata (Budzyński 2013; Mrówczyński 2013b).

Metoda hodowlana

Metoda hodowlana to umiejętny wybór odmian odpornych i tolerancyjnych, oparty na znajomości zagrożenia ze strony agrofagów w danym rejonie. W przypadku uprawy gorczycy metoda ta znajduje zastosowanie w ograniczaniu szkodliwości niektórych gatunków agrofagów. W rejonach o dużym zagrożeniu ze strony słodyszka rzepakowego należy wybierać odmiany wcześnie zakwitające. Jeżeli natomiast spodziewane jest liczne wystąpienie chowacza podobnika oraz pryszczarka kapustnika, należy wybrać odmiany późno zakwitające. Wybór odmiany powinien również uwzględniać warunki klimatyczne Polski, a w szczególności warunki danego siedliska. Trafny wybór odmiany, w połączeniu z zapewnieniem optymalnych warunków dla wzrostu i rozwoju roślin, przyczynia się do znacznego ograniczenia ryzyka uszkodzeń powodowanych przez owady szkodliwe (Mrówczyński 2013b).

Metoda biologiczna

Metoda biologiczna polega na zastosowaniu w zwalczaniu szkodników środków biologicznych i biotechnicznych lub na wykorzystaniu oporu środowiska, a więc działalności owadów pożytecznych. Duże znaczenie może mieć działanie na rzecz miejscowego wzmocnienia oporu środowiska wobec szkodliwych organizmów. Zadanie to można realizować, ochraniając organizmy pożyteczne i tworząc w ten sposób szeroko rozumianą bioróżnorodność w krajobrazie polowym (Mrówczyński 2013a).

3. Chemiczne metody ochrony przed szkodnikami

Obecnie nie ma w Polsce zarejestrowanych insektycydów do ochrony gorczycy przed szkodnikami. W przypadku pojawienia się możliwości (np. nowej rejestracji) zastosowania środków chemicznych w ochronie gorczycy, środki takie należy stosować według określonych zasad.

Źródłem wielu informacji dotyczących cech środka, okresów karencji i prewencji, toksyczności dawek, a także ryzyka stwarzanego dla środowiska jest etykieta środka ochrony roślin. Podporządkowanie się zapisom etykiety środka ochrony roślin jest obecnie obowiązkiem prawnym.

Podstawowym czynnikiem decydującym o wyborze środka chemicznego jest temperatura, w której działa on najskuteczniej oraz okresy karencji i prewencji. Należy również pamiętać, aby opryskiwanie roślin wykonywać w warunkach bezwietrznych lub przy słabym wietrze, najlepiej podczas dużego zachmurzenia, lecz tak, by uniknąć opadów w trakcie i kilka godzin po zabiegu. Ponadto prawidłowo

dobrana dawka środka ochrony roślin, odpowiednie przygotowanie cieczy użytkowej i właściwie wykonany zabieg opryskiwania roślin mogą również decydować o skuteczności zabiegu.

4. Monitoring i progi ekonomicznej szkodliwości

Właściwy termin zwalczania ustala się głównie na podstawie monitoringu nalotów i liczebności szkodników. Monitoring prowadzi się przede wszystkim w oparciu o metodę „żółtych naczyń". Przydatne są również inne metody, takie jak czerpakowanie, tablice lepowe czy lustracje wzrokowe (Mrówczyński 2013).

Podstawową metodą lustracji plantacji gorczycy jest metoda „żółtych naczyń". Należy stosować pojemniki barwy żółtej, jak najbardziej zbliżonej do koloru kwiatów gorczycy. Pod górną krawędzią pojemników powinny znajdować się małe otworki, które zapobiegną, w razie opadów, wylewaniu się wody razem z odłowionymi owadami. Do wody znajdującej się w pojemnikach należy dodawać kilka kropli płynu zmniejszającego napięcie powierzchniowe (np. płynu do mycia naczyń). Żółte naczynia powinny znajdować się na wysokości roślin. W miarę wzrostu roślin, należy regulować wysokość zamocowania naczyń. Pojemniki ustawia się na plantacji w odległości około 20 m od jej brzegu. Kontrola naczyń powinna odbywać się regularnie o tej samej porze dnia, najlepiej w południe (Mrówczyński 2013a).

Pomocną metodą może być czerpakowanie. To łatwy i szybki sposób wstępnej oceny składu gatunkowego oraz liczebności owadów znajdujących się na danej plantacji. Ten sposób monitoringu, przy prawidłowym zastosowaniu, pozwala w stosunkowo krótkim czasie uzyskać wstępne informacje nie tylko o szkodnikach, ale również o innych owadach, w tym pożytecznych znajdujących się na plantacji. Należy jednak pamiętać, iż metoda ta nie jest precyzyjna i w razie wykrytego zagrożenia powinno się przeprowadzić bardziej szczegółowe lustracje plantacji. Dla potrzeb wstępnej lustracji należy wykonać 25 uderzeń czerpakiem entomologicznym od brzegu plantacji, wchodząc w jej głąb. Czerpakowanie należy zawsze przeprowadzić w miejscu najbardziej narażonym na naloty szkodników, a więc na przykład od strony ubiegłorocznej lokalizacji danej uprawy (Mrówczyński 2013a).

Kolejną metodą jest lustracja wzrokowa (obchód pieszo). Powinna ona obejmować, w zależności od kształtu pola, brzeg oraz dwie przekątne plantacji. W zależności od gatunku agrofaga należy ustalić średnią liczbę szkodników na 1 m^2 lub na 100 losowo wybranych roślinach. Obserwacje takie należy przeprowadzić w kilku miejscach plantacji (Mrówczyński 2013a).

Obserwacje występowania szkodników glebowych polegają na przesianiu gleby, która została pobrana z kilku miejsc na plantacji, z dołków wykopanych na głębokość 30 cm, o wymiarach 25 × 25 cm.

Monitoring należy prowadzić zarówno przed zabiegiem, w celu określenia momentu nalotu owadów szkodliwych na plantację i ustalenia ich liczebności, jak i po zabiegu, aby sprawdzić skuteczność zwalczania. W przypadku niezadowalającej skuteczności zwalczania albo wystąpienia odporności lub przedłużających się nalotów owadów szkodliwych, stały monitoring umożliwia szybką reakcję i w miarę potrzeby powtórzenie zabiegu. Ze względu na wiele czynników determinujących występowanie szkodników monitoring należy prowadzić na każdej plantacji. Prowadzenie prawidłowych lustracji wymaga znajomości nie tylko morfologii (wyglądu) szkodników, ale także ich biologii (np. termin występowania). Niezależnie od stosowanej metody monitoringu, wyniki obserwacji powinny być zapisywane.

Jednym z głównych celów prowadzenia monitoringu jest ustalenie terminu wykonania zabiegów ochronnych po przekroczeniu przez gatunki szkodliwe progu ekonomicznej szkodliwości. Próg szkodliwości to takie nasilenie szkodników, przy którym wartość spodziewanej straty w plonie jest wyższa od łącznych kosztów zabiegu zwalczania.

Próg szkodliwości jest wartością orientacyjną. W zależności od wielu innych czynników, takich jak warunki agrometeorologiczne, faza rozwojowa oraz kondycja roślin, obecność innych organizmów szkodliwych czy występowanie wrogów naturalnych na plantacji, wartość progów szkodliwości może ulegać zmianom. Progi ekonomicznej szkodliwości są zatem ważnym wskaźnikiem, który wraz z oceną innych czynników powinien pomóc producentowi w podjęciu decyzji o przeprowadzeniu zabiegu chemicznego.

Obecnie nie ma określonych progów ekonomicznej szkodliwości dla owadów żerujących na gorczycy.

VII. OGRANICZANIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ ZWIERZYNĘ ŁOWNĄ

Problem i jego przyczyny

Hodowla nowych odmian oraz możliwość wielokierunkowego wykorzystania gorczycy przez rolnictwo i przemysł wpływa na wzrost powierzchni upraw tej rośliny w Polsce. Nasiona gorczycy białej i sarepskiej wykorzystywane są do produkcji przypraw, a także do produkcji leków i kosmetyków. W rolnictwie wykorzystuje się gorczycę jako paszę soczystą – zielonkę, zielony nawóz i mulcz. Znane są własności gorczycy poprawiające strukturę gleby i działające antymątwikowo, redukujące często o 50–70% liczebność populacji tego nicienia. Wszystkie odmiany gorczycy, bez względu na termin siewu i przeznaczenie, narażone są na szkody powodowane przez niektóre gatunki zwierząt łownych prawie w całym okresie wegetacji, a więc od fazy BBCH 10–12, kiedy liścienie rozwijają się na powierzchni gleby, aż do fazy BBCH 50–69. Nawet rośliny zamierające i zasychające mogą ulegać zniszczeniom powodowanym przez duże ssaki łowne na skutek tratowania i tworzenia legowisk.

Ze względu na wysoką zawartość kwasu erukowego i glukozynolanów w nasionach większości uprawianych w Polsce odmian gorczycy, najczęściej zjadane i uszkadzane są tylko części zielone roślin (liście i łodygi). Części te zawierają duże ilości włókna, sole mineralne, wapń oraz fosfor i dlatego są chętnie zgryzane przez zwierzęta jeleniowate. Odmiany niskoerukowe i zawierające mało związków siarki zjadane są również w okresie wykształcania nasion, w których występuje wysoka zawartość tłuszczu i białka o korzystnym dla zwierząt składzie aminokwasów.

Najważniejszymi gatunkami ssaków łownych, które powodują straty w uprawach gorczycy są: jeleń szlachetny (*Cervus elaphus* L.), daniel (*Dama dama* L.), sarna (*Capreolus capreolus* L.) i dzik (*Sus scrofa* L.). Szkodliwość tych zwierząt dla roślin gorczycy polega na zgryzaniu i zjadaniu tkanek roślin oraz na powodowaniu ran, które mogą ułatwić rozwój chorób grzybowych i bakteryjnych. Uszkodzenia powodowane przez wymienione gatunki zwierząt mają najczęściej charakter

uszkodzeń mechanicznych liści, stożków wzrostu i pędów. Choć najczęściej rośliny uszkadzane są tylko częściowo i regenerują uszkodzenia, to w ekstremalnych przypadkach, na skutek zgryzania lub tratowania, rośliny mogą być całkowicie zniszczone i w konsekwencji zamierają. W ostatnich latach na skutek znacznego wzrostu areału upraw będących często bazą pokarmową i schronieniem dla zwierząt, a także na skutek dużych zdolności przystosowawczych zwierząt łownych, znacznie wzrosła liczebność populacji wymienionych gatunków (Węgorek 2011; Węgorek i wsp. 2016). Tworzą one populacje o różnym zagęszczeniu na obszarze całego kraju, a szkody o znaczeniu gospodarczym powstają w uprawach gorczycy najczęściej lokalnie. W związku ze stadnym trybem życia sarny, jelenia, daniela czy dzika, na uprawach gorczycy można spotkać ugrupowania tych zwierząt liczące od kilkunastu do kilkudziesięciu osobników (Pielowski 1984).

Wielkość szkód skorelowana jest z zapotrzebowaniem pokarmowym osobników danych gatunków zwierząt. Należy jednak pamiętać, że na zniszczenia uprawy wpływa zarówno żerowanie zwierząt, jak i tratowanie roślin oraz tworzenie legowisk. Dla sarny ilość potrzebnego pokarmu wynosi około 1,5–2,5 kg świeżej masy roślinnej na dobę. Jeleń, który jest znacznie większym zwierzęciem, potrafi zjeść nawet kilkanaście kilogramów pokarmu roślinnego (Bobek i wsp. 1992), a dzik nie tylko zjada, ale często pozostaje w łanie gorczycy jako miejscu ostojowym, tworząc sieć przejść i gniazd legowiskowych. Ekstrapolując wyniki badań przeprowadzonych na rzepaku ozimym, przyjmuje się, że w praktyce większość roślin gorczycy uszkodzonych przez omawiane gatunki zwierząt regeneruje się i zależnie od stopnia uszkodzenia wydaje plon, który jednak jest niższy od plonu roślin nieuszkodzonych (Węgorek i wsp. 2011). Zauważono również korelację między występowaniem i żerowaniem jeleniowatych i dzika a porażeniem roślin gorczycy przez niektóre choroby grzybowe. Można więc przyjąć, że podobnie jak to ma miejsce u innych gatunków roślin, zarodniki grzybów wnikają do roślin gorczycy przez zranienia powstałe na skutek żerowania omawianych gatunków zwierząt (Jajor i wsp. 2008; Węgorek i wsp. 2014). Ponadto zwierzęta, odżywiając się porażoną przez grzyby rośliną, stają się wektorami zarodników i przenoszą je na inne, zdrowe rośliny, zarówno podczas przemieszczania się, jak i w trakcie zgryzania. Wszystkie części roślin gorczycy, praktycznie na każdym etapie rozwoju, mogą być porażane przez sprawców chorób na skutek zranień. Porażenie łodyg oraz korzeni przez grzyby powoduje ograniczenie przewodzenia substancji pokarmowych i wody, co skutkuje więdnięciem i zamieraniem roślin. Porażeniu ulegają również łuszczyny, co powoduje osypywanie się nasion i w rezultacie często jest bezpośrednią przyczyną redukcji plonu.

Sposoby ograniczania strat powodowanych przez zwierzęta łowne

W ochronie upraw gorczycy przed zwierzętami łownymi stosuje się metody: agrotechniczną, mechaniczną lub chemiczną. Ochrona upraw przed dzikami

i zwierzętami jeleniowatymi w integrowanej technologii uprawy gorczycy białej, sarepskiej i czarnej powinna rozpocząć się od właściwego wyboru stanowiska pod zasiewy. Ważnym elementem w ograniczaniu szkód jest współpraca z gospodarką łowiecką, której zadaniem jest ograniczanie szkód łowieckich, między innymi przez dokarmianie zwierzyny. Wymienione gatunki ssaków łownych, mając atrakcyjny i łatwo dostępny pokarm w obrębie pasa żerowego lub pozostawionego fragmentu pola z kukurydzą lub inną atrakcyjną rośliną paszową, mniej interesują się pozostałymi w pobliżu uprawami, na których pokarm jest trudniej dostępny lub mniej atrakcyjny dietetycznie. Sposoby ograniczania szkód należy konsultować z zarządcą lub dzierżawcą obwodu łowieckiego, na którego terytorium znajduje się uprawa gorczycy, ponieważ prawny obowiązek ochrony upraw rolniczych przed zwierzyną łowną leży zarówno w gestii producentów rolnych, jak i kół łowieckich lub Ośrodków Hodowli Zwierzyny. Najlepsze efekty uzyskuje się w wyniku współpracy wszystkich wymienionych podmiotów, co zresztą wynika z ustawy „Prawo łowieckie".

1. Niechemiczne metody ochrony

Metoda agrotechniczna

Do zaleceń właściwej agrotechniki mającej na celu ograniczanie szkód powodowanych przez zwierzęta łowne, należy właściwy wybór miejsca siewu gorczycy, który powinien być jak najmniej atrakcyjny dla omawianych gatunków zwierząt. Należy więc dbać o to, żeby – w miarę możliwości – upraw gorczycy nie zakładać w bezpośrednim sąsiedztwie lasów i innych miejsc ostojowych zwierząt łownych (bagien, trzcinowisk, zakrzewień). Ważne są właściwie przeprowadzone zabiegi uprawowe, głównie orka i bronowanie, które ograniczają liczbę larw rolnic, drutowców, pędraków oraz gniazd gryzoni polnych będących przysmakiem dzików, zwłaszcza w jesienią i wiosną. Ważne jest dbanie o różnorodność biologiczną, która wzmaga opór środowiska rolniczego w stosunku do agrofagów i wzbogaca dietę roślinożerców, ograniczając w ten sposób ich żerowanie na polach uprawnych.

Metoda mechaniczna

Do najczęściej wykorzystywanych sposobów mechanicznych zalicza się elektroniczne lub elektryczne urządzenia wizualne, dotykowe (pastuchy elektryczne) oraz dźwiękowe (armatki hukowe, sznury hukowe itp). Z badań prowadzonych w IOR – PIB wynika, że skuteczność tych urządzeń jest raczej krótkotrwała, ponieważ zwierzęta szybko się do nich przyzwyczają. Okres skutecznego działania wymienionych urządzeń na danym stanowisku wynosi 2–4 tygodnie. Stąd też zaleca się ich stosowanie w krytycznym okresie powstawania szkód, a więc przede wszystkim do ochrony zasiewów i wschodów gorczycy.

W miejscach ekstremalnie narażonych na szkody zaleca się budowę ogrodzeń utrudniających ssakom kopytnym wejście na uprawę. Zaletą tej metody jest wieloletnia skuteczność ochrony powierzchni przed zwierzętami bez względu na gatunek uprawianej rośliny. Niekorzystnym następstwem stosowania ogrodzeń na dużych powierzchniach pól jest zwiększenie skali uszkodzeń na polach sąsiadujących z chronionymi. Jest to zatem metoda wprowadzająca szereg niekorzystnych zmian w biotopach.

2. Chemiczne metody ochrony

Metody chemiczne opierają się na stosowaniu naturalnych lub syntetycznych substancji chemicznych, których działanie ma charakter odstraszający (repelenty) lub wabiący zwierzęta (atraktanty). Sposób działania tych środków polega na sterowaniu zachowaniem zwierząt przez bodźce zapachowe i smakowe. Przykładem substancji smakowej oddziałującej na zwierzęta może być kwas fosforowy, a substancji zapachowych – syntetyczne lub naturalne feromony, zapachy obce w biotopie, takie jak niższe i średnie kwasy karboksylowe o silnym zapachu, m.in. kwas walerianowy, masłowy i izomasłowy. Zapachy tych kwasów mogą mieć zarówno właściwości odstraszające, jak i wabiące.

Repelenty o działaniu złożonym odstraszają smakiem i mechanicznie, smakiem i zapachem, względnie smakiem, zapachem i mechanicznie. Substancje czynne tych środków oddziałują na zwierzęta przez krótkotrwały bodziec bólowy (drażnienie śluzówki) lub lękowy (zapach drapieżcy). Tego typu sygnały, informujące zwierzę o zagrożeniu, wywołują reakcje unikania, ucieczki, rzadziej ataku (tab. 12, 13).

Tabela 12. Charakterystyka sygnałów wpływających na zachowanie zwierząt łownych w ich środowisku

Cecha sygnału lub bodźca	**Sygnał lub bodziec**			
	wizualny	dotykowy (bólowy)	dźwiękowy	chemiczny
Zasięg	średni	bardzo krótki	daleki	bardzo daleki
Szybkość dotarcia informacji	duża	duża	duża	średnia
Możliwość omijania przeszkód	słaba	słaba	duża	bardzo duża
Możliwość lokalizacji źródła	duża	duża	średnia	zmienna
Koszt zastosowania	niski	niski	duży	niski
Siła oddziaływania	duża	niska	duża	bardzo duża

Tabela 13. Reakcje zwierząt na działanie bodźców wykorzystywanych w repelentach i atraktantach

Bodziec	Percepcja	Reakcja
Bólowy	ból	ucieczka
Lękowy	lęk	unikanie, ucieczka
Apetytywny	apetyt	dążenie do osiągnięcia celu

W ostatnich latach na rynku pojawiły się rozmaite środki odstraszające będące kompozycjami zapachowymi. Nie są one zarejestrowane jako środki ochrony roślin, ale jako tzw. środki biobójcze oraz biotechniczne. W badaniach IOR – PIB z wykorzystaniem fotopułapek stwierdzono, niestety, bardzo nikłą skuteczność wszystkich przebadanych dotychczas produktów.

VIII. ODPORNOŚĆ AGROFAGÓW NA ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN

Odporność agrofagów na środki ochrony roślin jest zjawiskiem stale towarzyszącym ochronie roślin i coraz bardziej wpływającym na ekonomiczny efekt produkcji roślinnej. Jest to zjawisko powstałe w wyniku ewolucji, a więc naturalne, charakterystyczne dla wszystkich organizmów żywych. Można spotkać różne definicje tego zjawiska. W praktyce rolniczej rozumiane jest jako zmiana wrażliwości populacji szkodnika, chwastu, grzyba lub innego szkodliwego organizmu na substancję chemiczną, która początkowo była skuteczna w zwalczaniu danego agrofaga, a następnie, po upływie określonego czasu, straciła skuteczność na skutek wykształcenia przez zwalczany gatunek tolerancji. Organizm przeżywający zabieg chemiczny wydaje w następstwie wykształcenia odporności również odporne potomstwo. Jak widać, cecha odporności jest dziedziczona (Malinowski 2003).

Postępy nauk z zakresu ochrony roślin, fizjologii, biochemii, genetyki oraz biologii molekularnej spowodowały, że spojrzenie na problematykę odporności agrofagów na środki ochrony roślin uległo zmianie. Choć nadal uważa się, że zjawisko to jest naturalną reakcją organizmów na selekcję czynnikiem chemicznym lub fizycznym, to natura tego zjawiska nie jest dziś wiązana wyłącznie z czynnikiem genetycznym w sensie powstawania mutacji, choć do niedawna tak uważano. Przypomnijmy najważniejsze mechanizmy odporności agrofagów na substancje toksyczne stosowane w chemicznej ochronie roślin. Polegają one najczęściej na: szybkim metabolicznym rozkładzie toksyny na drodze enzymatycznej (nadekspresja), szybkim jej wydalaniu, zmniejszonym przenikaniu substancji czynnej przy kontakcie organizmu z trucizną, na zaburzonym transporcie elektronów w mitochondriach, u roślin także w chloroplastach, zmianie zachowania u zwierząt lub zmianie budowy molekularnej receptorów (miejsc działania) toksyn w organizmie (Schoknecht i Otto 1989; Malinowski 2003; Węgorek 2009). Mechanizmy te, wykształcone ewolucyjnie, są charakterystyczne dla każdego gatunku agrofaga, dlatego występują duże różnice we wrażliwości owadów, roślin, grzybów i innych organizmów na te same toksyny. Dziedziczenie i tempo narastania odporności opartej na występowaniu polimorfizmu w genach odporności i na mutacjach uzależnione jest od dominacji lub recesywności zmutowanego genu (lub genów) powodującego odporność.

Należy pamiętać o tym, że wyeliminowanie zjawiska odporności jest niemożliwe bez całkowitej rezygnacji ze stosowania środków ochrony roślin, a to z kolei jest w dzisiejszych czasach również niemożliwe do zrealizowania. Można jednak minimalizować negatywne skutki tego zjawiska oraz ograniczać jego skalę, stosując strategie przeciwdziałania odporności, których naczelną zasadą jest zmniejszenie presji selekcyjnej środków ochrony roślin. Omawiane zjawisko szybkiego

narastania i wygaszania odporności uzasadnia celowość i obserwowaną skuteczność strategii antyodpornościowych, które zalecają czasowe wycofanie z użycia substancji czynnych, na które dana populacja agrofaga wykształciła odporność. W IOR – PIB w Poznaniu opracowano i opublikowano w ramach Programu Wieloletniego MRiRW strategie zapobiegania odporności na przykładach wybranych gatunków owadów, chwastów i grzybów.

Strategie przeciwdziałania odporności agrofagów w gorczycy na środki ochrony roślin są podobne w odniesieniu do owadów, grzybów i chwastów.

- Należy bezwzględnie przestrzegać zasad integrowanej ochrony roślin, stosować metody agronomiczne i biologiczne, ograniczając użycie środków chemicznych do bezwzględnego minimum.
- Należy prowadzić stały monitoring poziomu wrażliwości zwalczanych organizmów na stosowane do ich zwalczania substancje chemiczne.
- Należy zminimalizować presję selekcyjną środkami chemicznymi, stosując stałą rotację substancji czynnych z różnych grup chemicznych i o różnych mechanizmach działania.
- W niektórych przypadkach (głównie w odniesieniu do chwastów) zaleca się stosować mieszaniny substancji czynnych z różnych grup chemicznych.
- Stosować środki ochrony roślin zgodnie z etykietą.
- Terminy zabiegów i dawki preparatów dostosować optymalnie do najbardziej wrażliwego stadium agrofaga, przekroczenia progu ekonomicznej szkodliwości, prognozy pogody, mając na uwadze ochronę środowiska i różnorodności biologicznej.
- Nieskuteczność zabiegu należy przeanalizować, ponieważ istnieje wiele czynników biotycznych i abiotycznych ograniczających efekt zabiegów chemicznych niezwiązanych z organizmem zwalczanym.
- W przypadku potwierdzenia wystąpienia odporności, bez względu na jej mechanizm, należy w rejonie wystąpienia zjawiska wycofać z użycia daną substancję czynną.

1. Odporność chwastów na środki ochrony roślin

Odporność chwastów na herbicydy to zjawisko dziedziczenia zdolności przeżywania zabiegów herbicydowych. W populacji chwastów stopniowo wzrasta liczba osobników odpornych, które początkowo nie wykazywały cech odporności na środki ochrony roślin. Pełna odporność na herbicydy występuje wówczas, gdy chwast jest zdolny do przetrwania i wydania zdolnych do kiełkowania nasion. We współczesnym rolnictwie odporność chwastów na herbicydy jest przyczyną strat

zarówno ekonomicznych, jak i ekologicznych. Uodparnianie się chwastów na herbicydy to nie to samo, co naturalna odporność niektórych gatunków na określony herbicyd. Zjawisko uodparniania się chwastów zawsze dotyczy herbicydu, który powinien zwalczyć dany gatunek chwastu. W praktyce rolniczej jednym z przejawów odporności jest spadek skuteczności zabiegów herbicydowych. Jednak nie każdy przypadek braku skuteczności zabiegu chemicznego to odporność, bowiem nieskuteczność działania herbicydu może wynikać także z innych przyczyn, np. z wykonania zabiegu w niesprzyjających warunkach atmosferycznych, z niewłaściwego doboru techniki opryskiwania, niedostosowania terminu zabiegu do odpowiedniej fazy rozwojowej chwastów i wielu innych. O dużym ryzyku pojawienia się chwastów odpornych na plantacji mówi się wówczas, gdy:

- mimo zastosowania zabiegu odchwaszczającego na polu znajdują się niezniszczone pojedyncze osobniki lub skupiska chwastów (najczęściej tego samego gatunku) w bardzo dobrej kondycji;
- miejscem występowania skupisk chwastów nie są obrzeża pól, lecz różne miejsca na plantacji;
- pozostałe gatunki chwastów wrażliwych na dany herbicyd zostały zwalczone;
- z historii pola wynika, że stopniowo pogarszała się efektywność stosowanego herbicydu w stosunku do jednego gatunku (lub kilku);
- na polu stosowano przez wiele lat te same herbicydy (z tej samej grupy chemicznej) lub herbicydy o tym samym mechanizmie działania;
- na sąsiednich polach stwierdzono występowanie chwastów odpornych na ten sam herbicyd lub tę samą grupę chemiczną.

Ważnym i efektywnym działaniem w walce z groźnymi i silnie rozprzestrzeniającymi się gatunkami chwastów są integrowane systemy ochrony z uwzględnieniem właściwej agrotechniki, płodozmianu i ochrony niechemicznej (zabiegi mechaniczne), w których liczba zabiegów herbicydowych jest zredukowana do uzasadnionego ekonomicznie minimum. Pola, na których nie stosuje się prawidłowego płodozmianu lub znacznie się go ogranicza na rzecz np. dużego udziału zbóż ozimych lub wprowadza się uproszczenia zabiegowe (np. brak orki głębokiej) są szczególnie narażone na wyselekcjonowanie osobników odpornych na herbicydy. Elementem skutecznie ograniczającym ryzyko powstania odpornych chwastów jest więc tradycyjny płodozmian, w którym zboża stanowią maksymalnie 50% uprawianych roślin w cyklu rotacji. Wysiew różnych upraw narzuca konieczność rotacji stosowanych herbicydów, ale także zakłóca cykl rozwojowy wielu gatunków chwastów. Następuje znaczna zmiana ilościowo-jakościowa w kiełkowaniu chwastów z uwagi na odmienny sposób przygotowania gleby w różnym okresie agrotechnicznym (różny czas wysiewu roślin uprawnych). Orka siewna i uprawki mechaniczne po wschodach w skuteczny sposób eliminują kiełkujące chwasty. Niemałe znaczenie ma także stosowane kwalifikowanego i pozbawionego nasion

chwastów materiału siewnego. Duży wpływ na powstawanie odporności mają właściwości biologiczne poszczególnych gatunków chwastów. Gatunki wydające dużą liczbę nasion z jednej rośliny, dające kilka pokoleń w ciągu roku, o nasionach łatwo rozprzestrzeniających się na duże odległości, a także obcopylne, wykazują dużą zmienność genetyczną, dzięki czemu w populacji występuje wiele biotypów. U tych gatunków odporność na herbicydy pojawia się znacznie szybciej niż u gatunków o mniejszym zróżnicowaniu biologicznym i genetycznym. Obecnie w Polsce gatunkami, u których najszybciej rozwija się odporność są gatunki jednoliścienne: miotła zbożowa (*Apera spica-venti*), wyczyniec polny (*Alopecurus myosuroides*), w mniejszym stopniu owies głuchy (*Avena fatua*), stokłosy (*Bromus* spp.), a z gatunków dwuliściennych – chaber bławatek (*Centaura cyanus*). Należy jednak zaznaczyć, że odporność może dotyczyć każdego gatunku chwastu. Szybkość selekcji biotypów odpornych na herbicydy uzależniona jest także od mechanizmu działania herbicydów. Odporność chwastów najszybciej pojawiła się po wprowadzeniu do rolnictwa herbicydów sulfonylomocznikowych, które działają jako inhibitory syntetazy acetylomleczanowej (ALS). Środki te charakteryzują się dużą aktywnością biologiczną w bardzo małych dawkach i ze względu na stosunkowo niski koszt są przez wielu rolników chętnie stosowane. Decydując się na chemiczną metodę odchwaszczania, należy stosować herbicydy z różnych grup chemicznych i o różnym mechanizmie działania (nie wystarczy stosowanie innej substancji z tej samej grupy chemicznej). Przy wyborze herbicydu do zabiegu warto korzystać z tabel klasyfikujących herbicydy według mechanizmu działania, opracowanych na przykład wg HRAC (Herbicide Resistance Action Committee). Wprowadzenie rotacji herbicydów (o różnym mechanizmie działania) nie tylko znacznie opóźni pojawianie się odporności na polu, ale także pomoże w doborze odpowiedniego herbicydu do zwalczania osobników, które odporność na herbicydy już nabyły. Każdy producent roślinny i doradca powinien zapoznać się szczegółowo z klasyfikacją herbicydów wg HRAC i zgodnie z tabelą 14. stosować rotację herbicydów. W praktyce bardzo rzadko spotyka się odporność na jedną substancję czynną (odporność prosta), częściej występuje odporność krzyżowa – na co najmniej dwie substancje z tej samej grupy chemicznej lub o tym samym mechanizmie działania. Możliwa, ale znacznie rzadsza jest odporność wielokrotna, dotycząca dwóch lub większej liczby substancji czynnych o różnych mechanizmach działania. Zapoznanie się z przynależnością poszczególnych substancji do konkretnych klas określających mechanizm działania herbicydów może znacznie przyczynić się do opóźnienia selekcji osobników odpornych, a w przypadku wystąpienia odporności zwiększyć prawdopodobieństwo skutecznego wyeliminowania biotypów odpornych. Tabela 14. została przygotowana na podstawie opracowania HRAC i zawiera wyłącznie substancje czynne dopuszczone do stosowania w Polsce (stan na kwiecień 2017 r.). Poszczególne mechanizmy działania herbicydów oraz ewentualne podklasy (np. C1, C2, C3) oznaczono kodem literowym.

Tabela 14. Klasyfikacja substancji czynnych herbicydów dopuszczonych do stosowania w Polsce według mechanizmu działania

Mechanizm działania	Grupa wg HRAC*	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Inhibitory karboksylazy acetylo-CoA (graminicydy)	A	arylofenoksypropionaty (FOPs)	chizolafop-P, fenoksaprop-P, fluazyfop-P, propachizafop, haloksyfop-R, diklofop metylu
		cykloheksanediony (DIMs)	cykloksydym, kletodym, tralkoksydym, setoksydym
		fenylopirazoliny	pinoksaden
Inhibitory syntazy acetylomleczanowej ALS	B	sulfonylomoczniki	amidosulfuron, chlorosulfuron, flazasulfuron, flupyrsulfuron, jodosulfuron, mezosulfuron, metsulfuron metyl, foramsulfuron, rimsulfuron, tifensulfuron, triasulfuron, sulfosulfuron, triflursulfuron, tritosulfuron, prosulfuron, nikosulfuron
		imidazolinony	imazamoks
		triazolopirimidyny	florasulam, piroksysulam
		sulfonyloaminokarbonylotriazolinony	propoksykarbazon sodowy
Inhibitory fotosyntezy w fotosystemie II	C1	triazyny	terbutylazyna
		triazynony	metamitron, metrybuzyna
		uracyle	lenacyl
		pyridazinony	chlorydazon
		fenylokarbaminiany	desmedifam, fenmedifam izoproturon

*Herbicide Resistance Action Comittee

Tabela 14. Cd.

Mechanizm działania	Grupa wg HRAC	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Inhibitory fotosyntezy w fotosystemie II	C3	nitryle	bromoksynil
		benzotidiazinony	bentazon
Inhibitory fotosystemu I	D	dwupirydyle	dikwat
Inhibitory enzymu oksydazy protoporfirynogenowej (PPO)	E	dwufenyloetery	bifenoks, oksyfluorofen
		fenylopyrazole	pyraflufen etylu
		triazolinony	karfentrazon
Inhibitory syntezy barwników	F1	pirydynokarboksamidy	diflufenikan
		inne	flurochloridon
	F2	trójketony	mezotrion, sulkotrion, tembotrion
		izoksazole	izoksaflutol
	F3	izoksazolidinony	chlomazon
Inhibitory enzymu syntazy EPSP	G	aminofosfoniany	glifosat
Inhibitory enzymu syntetazy glutaminowej	H	aminofosfoniany	glufosynat amonowy
Inhibitory tworzenia mikrotubuli i podziałów komórkowych	K1	dwunitroaniliny	pendimetalina
		benzamidy	propyzamid
	K2	karbaminiany	chlorprofam
	K3	chloroacetoamidy	acetochlor, dimetachlor, metazachlor, metolachlor
		acetamidy	dimetamid, napropamid, petoksamid
		oksyacetoamidy	flufenacet
Inhibitory syntezy lipidów o działaniu innym niż grupa A	N	karbaminiany	prosulfokarb
		benzofurany	etofumesat
Syntetyczne auksyny	O	fenoksykwasy	2,4-D, dichlorprop-P, MCPA, MCPB, mekoprop

Tabela 14. Klasyfikacja substancji czynnych herbicydów dopuszczonych do stosowania w Polsce według mechanizmu działania – cd.

Mechanizm działania	Grupa wg HRAC	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Syntetyczne auksyny (cd.)		pochodne kwasu benzoesowego	dikamba
		pochodne kwasu pirydynokarboksylowego	chlopyralid, aminopyralid, fluroksypyr, pikloram, trichlopyr
		pochodne kwasów chinolinokarboksylowych	chinomerak
Nieznany mechanizm działania	Z	naftochinony i inne	chinochlamina, siarczan żelaza

2. Odporność grzybów chorobotwórczych na środki ochrony roślin

Odporność grzybów na fungicydy ma miejsce wtedy, gdy dotychczas stosowana substancja czynna zawarta w środku chemicznym staje się mniej skuteczna lub całkowicie nie zwalcza określonego gatunku grzyba. Z jednej strony zjawisko to związane jest z naturalną zmiennością organizmów – powstaje m.in. w wyniku rozmnażania płciowego i mutacji, a z drugiej strony wynika z presji selekcyjnej, której przyczyną jest częste stosowanie danej substancji czynnej (Kryczyński i Weber 2010).

Powtarzająca się uprawa na danym stanowisku tego samego gatunku, zwłaszcza w monokulturze, stwarza odpowiednie warunki do epidemicznego rozwoju sprawców chorób. W konsekwencji pojawia się konieczność ich intensywnego zwalczania. Kiedy częste stosowanie danej substancji czynnej (s.cz.) prowadzi do niedostatecznego zwalczania grzyba chorobotwórczego, możemy mieć do czynienia ze zjawiskiem uodparniania. Sytuacja ta dotyczy przede wszystkim s.cz. fungicydów działających na pojedyncze miejsce docelowe w komórkach grzyba, których biosynteza lub funkcjonowanie jest uwarunkowane tylko jednym genem. Wówczas łatwo może dojść do zmiany w obrębie tego genu i w rezultacie do powstania formy odpornej grzyba. Takim selektywnym mechanizmem działania charakteryzują się powszechnie stosowane na plantacjach substancje z grup benzimidazoli i imidazoli czy średniej selektywności triazoli i strobiluryn.

W wyniku presji selekcyjnej wywieranej przez stosowane fungicydy, stopniowo są eliminowane wrażliwe populacje grzyba, które wcześniej istniały w środowisku albo powstały w wyniku zmienności lub mutacji, natomiast zaczynają roz-

wijać się i rozmnażać formy odporne (Delp i Dekker 1985). Po pewnym czasie ta druga część populacji staje się dominująca. Często też może występować odporność krzyżowa. Polega ona na tym, że forma grzyba odporna na jedną s.cz. jest odporna również na inne s.cz. o tym samym mechanizmie działania. Jednocześnie coraz częściej występuje zjawisko wielokrotnego oporu, polegające na wykształceniu przez niektóre szczepy grzybów odporności na dwie lub więcej substancji czynnych, należących do grup fungicydów o różnych mechanizmach działania na komórki grzyba (Węgorek i wsp. 2013). W konsekwencji działanie grzybobójcze takich fungicydów, zastosowanych w zalecanej dawce, słabnie lub całkowicie zanika.

Występowanie form grzybów odpornych na s.cz. zależy między innymi od biologii i warunków rozwoju grzybów oraz od intensywności ochrony roślin. Większe ryzyko powstawania odporności występuje u patogenów o krótkim cyklu rozwojowym, obfitym zarodnikowaniu, bezbarwnych zarodnikach oraz szybkim i dalekim rozprzestrzenianiu się zarodników (Węgorek i wsp. 2013).

Substancje nieselektywne działające wielokierunkowo zaburzają w komórkach grzybów jednocześnie wiele procesów, np. zakłócają procesy energetyczne regulowane wieloma genami. W tym przypadku ryzyko uodparniania się grzybów jest bardzo małe (Weber i Kryczyński 2010). Właściwości tych substancji są wykorzystywane między innymi w realizowaniu strategii antyodpornościowej, a także do zwalczania odpornych form patogenów.

Zjawisko uodparniania się zwalczanych grzybów na substancje czynne, które wchodzą w skład środków grzybobójczych, obserwowana jest w Polsce od wielu lat na uprawach roślin rolniczych zajmujących duże powierzchnie uprawy. Gorczyca należy do uprawy małoobszarowej i dopiero od niedawna istnieje możliwość chemicznego zwalczania sprawców chorób tego gatunku. Do walki chemicznej z patogenami gorczycy białej aktualnie zarejestrowane są dwa środki grzybobójcze, w skład których wchodzą następujące substancje czynne: azoksystrobina (grupa chemiczna strobiluryny), izopirazam (karboksyamidy), difenokonazol i tebukonazol (grupa chemiczna triazole). Zakres rejestracji fungicydów obejmuje sprawców takich chorób, jak: sucha zgnilizna kapustnych, szara pleśń, czerń krzyżowych i zgnilizna twardzikowa.

Ryzyko powstania form odpornych grzybów zależy od tego, do jakiej grupy chemicznej należy stosowana s.cz. i od konkretnego rodzaju s.cz. użytej do zwalczania danego gatunku grzyba. Jeżeli często będą stosowane te same substancje czynne do walki z chorobami gorczycy, np. z szarą pleśnią, to patogeny mogą się na nie uodpornić, co objawiać się będzie pogorszeniem skuteczności działania użytego fungicydu.

Grzyby mogą się szybko uodpornić na substancje czynne z grupy triazoli i strobiluryn. Do uodpornienia dochodzi również wtedy, gdy zarejestrowane środki stosuje się niezgodnie z zapisami etykiety umieszczonej na opakowaniu

użytego środka. W praktyce, w uprawach różnych roślin, stosunkowo często identyfikuje się szczepy grzybów odporne na substancje czynne fungicydów. Przykładowo *Botrytis cinerea* (sprawca szarej pleśni) relatywnie szybko może uodpornić się na substancje czynne używane w jego zwalczaniu. Jest to grzyb, który w jednym sezonie wegetacyjnym wydaje wiele pokoleń zarodników. W konsekwencji wzrasta ryzyko powstania form odpornych tego patogena.

Gorczyca biała należy do rodziny roślin kapustowatych, czyli do tej samej, co rzepak, rzepik i wiele powszechnie występujących chwastów, takich jak: tasznik, tobołki, stulicha psia czy gorczyca polna. Zarówno rzepak, jak i przykładowo wymienione gatunki chwastów porażane są przez te same grzyby chorobotwórcze, które występują w uprawie gorczycy. Istnieje więc niebezpieczeństwo, że gorczycę mogą zaatakować formy grzybów, które uodporniły się w trakcie ochrony fungicydowej rzepaku ozimego lub jarego.

Aby do takiej sytuacji nie dochodziło, należy przestrzegać następujących zasad przeciwdziałania powstawaniu odporności:

- stosowanie określonej substancji czynnej, zwłaszcza selektywnej, tylko jeden raz w sezonie wegetacyjnym;
- przemienne stosowanie fungicydów z substancjami czynnymi należącymi do różnych grup chemicznych, najlepiej wieloskładnikowych, wśród których znajdują się substancje czynne o działaniu nieselektywnym;
- wykonanie zabiegu w optymalnym terminie, najlepiej poprzedzającym pojawienie się widocznych objawów obecności grzyba chorobotwórczego;
- stosowanie środka w zalecanej dawce podanej na etykiecie środka;
- stałe monitorowanie poziomu wrażliwości zwalczanego grzyba;
- jeżeli w danej grupie chemicznej zarejestrowany jest tylko jeden fungicyd, to po stwierdzeniu obniżonej skuteczności jego działania w walce z danym gatunkiem grzyba należy zrezygnować ze stosowania środka z tą substancją czynną, aż do momentu, gdy stwierdzi się, że patogen ponownie jest na nią wrażliwy;
- stosowanie, w miarę możliwości, metod niechemicznych, dzięki którym ogranicza się stosowanie środków chemicznych i w ten sposób zmniejsza ryzyko powstawania odporności.

Znajomość przynależności poszczególnych substancji czynnych do konkretnych grup chemicznych, które charakteryzują się określonym mechanizmem działania, może znacznie przyczynić się do opóźnienia selekcji populacji odpornych, a w przypadku już występującej odporności, zwiększyć prawdopodobieństwo skutecznego wyeliminowania form odpornych. Tabela 15. została przygotowana na podstawie opracowania FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) i zawiera wyłącznie substancje czynne dopuszczone do stosowania w Polsce (stan na lipiec 2017 r.). Poszczególne mechanizmy działania fungicydów oraz ewentualne podklasy (np. A1, A2, A3) oznaczono kodem literowym.

Tabela 15. Klasyfikacja substancji czynnych fungicydów dopuszczonych do stosowania w Polsce według mechanizmu działania

Mechanizm działania	Grupa wg FRAC*	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Zakłócenie syntezy kwasów nukleinowych	A1	fenyloamidy	benalaksyl, benalaksyl-M, metalaksyl, metalaksyl-M
	A2	pirymidyny	bupirymat
	A3	izoksazole	hymeksazol
Blokowanie podziałów komórkowych	B1	benzimidiazole	tiofanat metylowy
	B3	benzamidy	zoksamid
	B4	pochodne fenylomocznika	pencykuron
	B5	benzamidy	fluopikolid
Zakłócenie procesów oddychania	C2	fenylobenzamidy	flutolanil
	C2	pirydynyloetylobenzamidy	fluopyram
	C2	karboksyamidy	biksafen, boksalid, fluksapyroksad, izopirazam, karboksyna, penflufen, pentiopyrad, sedeksan, boskalid
	C3	strobiluryny	azoksystrobina, dimoksystrobina, fluoksastrobina, krezoksym metylowy, pikoksystrobina, piraklostrobina, trifloksystrobina
	C3	oksazolidyny	famoksat
	C3	imidazoliny	fenamidon
	C4	cyjanoimidiazole	cyjazofamid
	C5	pochodne aniliny	fluazynam
	C7	tiofenokarboksyamidy	siltiofam
	C8	pochodne pirymidynoamin	ametoktradyna
Hamowanie biosyntezy aminokwasów i białek	D1	anilinopirymidyny	cyprodynil, mepanipirym, pirimetanil

*Fungicide Resistance Action Comittee

Tabela 15. Klasyfikacja substancji czynnych fungicydów dopuszczonych do stosowania w Polsce według mechanizmu działania – cd.

Mechanizm działania	Grupa wg FRAC	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Zakłócanie przekazywania sygnałów osmotycznych cd.	E1	fenoksychinony	chinoksyfen
	E1	chinazoliny	proquinazid
	E2	fenylopirole	fludioksonil
	E3	dikarboksymidy	iprodion
Zakłócanie syntezy lipidów	F4	karbaminiany	propamokarb
Hamowanie biosyntezy ergosterolu	G1	imidazole	imazalil, prochloraz
	G1	triazole	bromukonazol, cyprokonazol, difenokonazol, epoksykonazol, flutriafol, fenbukonazol, ipkonazol, metkonazol, myklobutanil, penkonazol, propikonazol, protiokonazol, tebukonazol, tetrakonazol, triadimenol, tritikonazol
	G2	ketoaminy	spiroksamina
	G2	morfoliny	fenpropidyna, fenpropimorf
	G3	hydroksyanilidy	fenheksamid
	G3	pirazole	fenpyrazamina
Blokowanie syntezy celulozy w ścianach komórkowych	H5	amidy	mandipropamid
	H5	karbaminiany	bentiowalikarb, welifanalat
	H5	pochodne kwasu cynamonowego	dimetomorf
Mechanizm działania nie jest w pełni poznany	U	iminoacetylomoczniki	cymoksanil
	U	fosfoniany	fosetyl-Al, fosfonian dipotasu

Tabela 15. Cd.

Mechanizm działania	Grupa wg FRAC	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Mechanizm działania nie jest w pełni poznany	U6	fenyloacetamidy	cyflufenamid
	U8	pochodne ketonu difenylowego	metrafenon
	U8	pochodne arylofenyloketonu	pyriofenon
	U12	pochodne guanidyny	dodyna
Mechanizm działania jest wielokierunkowy	M1	związki miedziowe	tlenochlorek miedziowy, tlenek miedzi, trójzasadowy siarczan miedzi, wodorotlenek miedziowy
	M2	związki siarkowe	siarka
	M3	ditiokarbaminiany	mankozeb, metiram, propineb, tiuram,
	M4	ftalamidy	folpet, kaptan
	M5	chloronitryle	chlorotalonil
	M9	antrachinony	ditianon

3. Odporność szkodników na środki ochrony roślin

W przypadku owadów i innych organizmów zwierzęcych zabiegi chemiczne przy zastosowaniu środków ochrony roślin przeżywają te spośród nich, które mają geny kodujące zmienione wersje enzymów detoksykacyjnych, mutacje w genach kodujących białka komórek nerwowych będących celem substancji czynnych lub w genach kodujących budowę i skład kutikuli (Richter 1992). Odporność behawioralna zwierząt wyższych (np. na repelenty) związana jest natomiast z procesami uczenia się i zapamiętywania – ze zmianami zachodzącymi w układach neuroprzekaźników w ich mózgu. Badaniem tego typu zmian zajmuje się neurofizjologia i etologia. Typowym przykładem uczenia się zwierząt wyższych, w tym gatunków ssaków łownych, jest utrata lęku niektórych populacji przed zapachem człowieka, ignorowanie innych bodźców lękowych i sprawność w unikaniu zagrożeń. Również ten rodzaj przystosowania do zmian środowiskowych i cywilizacyjnych zwierząt wyższych wydaje się dziedziczony, choć z pewnością nie opiera się na mutacjach (Węgorek 2011). Badania molekularne prowadzone w ostatnich latach dowodzą również istnienia silnego oddziaływania tzw. czyn-

ników epigenetycznych na geny, polegającego nie na powodowaniu mutacji, lecz na wywieraniu wpływu na programy funkcjonowania genów, czyli na biochemię komórek. Badania tych procesów prowadzone są między innymi na mszycach, pszczołach, stonce ziemniaczanej, chwastach oraz innych gatunkach agrofagów. Osobniki mające zmiany epigenetyczne prawdopodobnie przekazują kopie swoich zmienionych programów genetycznych do następnych pokoleń dopóty, dopóki oddziałują na nie czynniki selekcji. Jeśli czynnik selekcji wygasa, zmiany te powoli zanikają (Spork 2011). Charakterystyczną cechą zmian epigenetycznych jest obserwowane bardzo szybkie narastanie poziomu odporności owadów na niektóre substancje czynne insektycydów, ale również szybki powrót do wrażliwości po zaprzestaniu selekcji daną substancją czynną. Wygasanie odporności uzależnione jest w takim przypadku od liczby pokoleń agrofaga występujących w jednym sezonie wegetacyjnym.

W uprawach gorczycy występują agrofagi dobrze znane z upraw rzepaku i dlatego podobne są problemy z ich odpornością i zwalczaniem. Do najbardziej odpornych szkodników gorczycy należy zaliczyć słodyszka rzepakowego, mszycę kapuścianą i chowacza podobnika. Również gnatarz rzepakowiec, pchełki ziemne, pryszczarek kapustnik, wciornastki i śmietka kapuściana wykazują zróżnicowaną wrażliwość na różne substancje czynne środków ochrony roślin. Do ich zwalczania w gorczycy obecnie zarejestrowany jest w Polsce tylko jeden preparat, którego substancją czynną jest fosmet, należący do grupy związków fosforoorganicznych. Dużym problemem w zapobieganiu odporności wymienionych gatunków szkodników jest więc brak zarejestrowanych substancji czynnych z innych grup chemicznych i o innych mechanizmach działania. Obecna sytuacja wyklucza skuteczne stosowanie w ochronie insektycydowej gorczycy strategii antyodpornościowej i może doprowadzić do szybkiego uodpornienia się zwalczanych szkodników gorczycy na fosmet. Z pewnością jednak niektóre elementy ogólnej strategii zapobiegania odporności, prezentowanej powyżej, są wciąż możliwe do realizacji w uprawach gorczycy w celu ograniczenia i zapobiegania odporności owadów.

Zapoznanie się z przynależnością poszczególnych substancji do konkretnych grup chemicznych określających mechanizm działania insektycydów znacznie przyczyni się do opóźnienia selekcji osobników odpornych, a w przypadku już występującej odporności zwiększy prawdopodobieństwo skutecznego wyeliminowania form odpornych. Tabela 16. została przygotowana na podstawie opracowania IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) i zawiera wyłącznie substancje czynne dopuszczone do stosowania w Polsce (stan na lipiec 2017 r.).

Tabela 16. Klasyfikacja substancji czynnych zoocydów dopuszczonych do stosowania w Polsce według mechanizmu działania

Mechanizm działania	Grupa wg IRAC*	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Blokowanie acetylocholinoesterazy	1 A	karbaminiany	formetanat, metiokarb, oksamyl, pirymikarb
	1 B	związki fosforoorganiczne	chloropiryfos metylowy, chloropiryfos, dimetoat, fosmet, fostiazat, malation, pirymifos metylowy
Wolniejsze otwieranie kanałów sodowych	3 A	pyretroidy	alfa-cypermetryna, beta-cyflutryna, cypermetryna, deltametryna, esfenwalerat, lambda-cyhalotryna, pyretryny, tau-fluwalinat, teflutryna, zeta-cypermetryna
		związki etery-arylo-propylowe	etofenproks
Zastępowanie acetylocholiny w receptorach postsynaptycznych	4 A	neonikotynoidy	acetamipryd, chlotianidyna, imidiachlopryd, tiachlopryd, tiametoksam
Powodowanie zmian konformacji i aktywowanie postsynaptycznych receptorów acetylocholiny	5	spinozyny	spinosad
Stymulowanie uwalniania kwasu gamma-aminomasłowego i aktywacja kanałów chlorkowych	6	laktony makrocykliczne	abamektyna, milbemektyna

*Fungicide Resistance Action Comittee

Tabela 16. Klasyfikacja substancji czynnych zoocydów dopuszczonych do stosowania w Polsce według mechanizmu działania – cd.

Mechanizm działania	Grupa wg IRAC	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Modulowanie kanałów TRPV organów chordotonalnych	9 B	pirydyny	pymetrozyna
Blokowanie biosyntezy chityny roztoczy	10 A	tiazolidyny	heksytiazoks
		tetrazyny	chlofentezyna
	10 B	difenylooksazoliny	etoksazol
Blokowanie biosyntezy chityny	15	benzoilomoczniki	diflubenzuron
Zaburzanie procesów linienia	17	triazyny	cyromazyna
Blokowanie receptorów ekdyzonu	18	hydroidy	metoksyfenozyd
Blokowanie kompleksu III na mitochondrialnym łańcuchu oddechowym	20 B	chinoliny	acekwinocyl
	20 D	karbazyniany	bifenazat
Blokowanie kompleksu I na mitochondrialnym łańcuchu oddechowym	21 A	chinazoliny	fenazachin
		fenoksypirazole	fenpiroksymat
		pochodne pirazoli	tebufenpirad
		pirydazony	pirydaben
Blokowanie kanałów sodowych w komórkach nerwowych	22 A	oksadiazyny	indoksakarb
Blokowanie biosyntezy lipidów	23	kwasy tetronowe	spirodiklofen
		kwasy tetramowe	spirotetramat
Blokowanie kompleksu IV na mitochondrialnym łańcuchu oddechowym	24 A	związki nieorganiczne	fosforek cynku, fosforek glinu, fosforek wapnia
Zaburzanie metabolizmu wapnia w jelicie ślimaków	–		fosforan żelaza
Wysuszanie larw, odstraszanie dorosłych osobników	–		wodorowęglan potasu

Tabela 16. Cd.

Mechanizm działania	Grupa wg IRAC	Grupa chemiczna	Substancja czynna
Aktywowanie kanałów wapniowych w komórkach nerwowych i mięśniowych	28	diamidy	chlorantraniliprol, cyjanotraniliprol
Modulowanie organów chordontalnych – nieznane miejsce docelowe	29	karboksyamidy	flonikamid
Niszczenie komórek produkujących śluz u ślimaków	–	aldehydy	metaldehyd
Zatykanie przetchlinek owadów	–	węglowodory nasycone	olej parafinowy
	–	tłuszcze pochodzenia naturalnego	olej rzepakowy

IX. METODY BIOLOGICZNE W INTEGROWANEJ OCHRONIE GORCZYCY I OCHRONA ORGANIZMÓW POŻYTECZNYCH

1. Biologiczne metody ograniczania chorób

Wprowadzenie w Polsce zasad integrowanej ochrony roślin wymaga od producentów rolnych zmniejszenia zużycia chemicznych środków ochrony (pestycydów). W tej sytuacji alternatywą stają się metody biologiczne, które w celu ograniczania patogenów roślin wykorzystują czynniki biologiczne, czyli inne organizmy oraz produkty ich metabolizmu (Korniłłowicz-Kowalska 2000). Zastosowanie tych metod wpływa korzystnie na chronioną roślinę, która nie wykazuje objawów stresowych, pozwala na wykorzystanie jej naturalnej odporności, a także wpływa na przywrócenie i zachowanie równowagi w środowisku (Kryczyński i Weber 2010).

W biologicznych metodach ochrony roślin stosuje się głównie preparaty, których substancją czynną są żywe mikroorganizmy lub ich formy przetrwalnikowe. Powodują one zakłócenie rozwoju sprawcy choroby, a ich działanie polega na zapobieganiu infekcji, zmniejszeniu rozprzestrzeniania się patogena w tkankach roślinnych, jak również na zakłócaniu jego namnażania się lub uśmiercaniu (Punja i Utkhede 2003). Procesy te związane są ze specyficznym oddziaływaniem (bezpośrednim lub pośrednim) występującym pomiędzy zastosowanym mikroorganizmem a patogenem roślinnym (Kapooria 2007) (tab. 17).

Mikroorganizmy wykorzystywane w biologicznej ochronie roślin pozyskiwane są ze środowiska naturalnego, gdzie występują na powierzchni roślin lub w ich otoczeniu. Jednak aby mogły zostać wykorzystane do produkcji biopreparatów, muszą spełniać szereg warunków (Droby i wsp. 2000; Sobiczewski 2009), takich jak:

– niepatogeniczność dla roślin, zwierząt i ludzi,
– stabilność genetyczna,
– łatwość hodowli,
– trwałość,
– odporność na warunki środowiska i działanie patogenów,
– odporność na działanie środków ochrony roślin,
– duża zdolność kolonizacji oraz szybki wzrost,
– wysoka skuteczność nawet w niskich stężeniach,
– szerokie spektrum działania.

Tabela 17. Rodzaje oddziaływań pomiędzy organizmami

Oddziaływanie	Mechanizm działania	Przykładowe organizmy wykorzystane w biopreparatach
Antybioza	hamowanie wzrostu patogena przez mikroorganizmy wytwarzające oraz wydzielające do otoczenia metabolity, czynniki lityczne, enzymy oraz substancje toksyczne (antybiotyki)	*Trichoderma* spp., *Gliocladium catenulatum*
Pasożytnictwo	interakcja pomiędzy mikroorganizmami, w której jedna populacja czerpie korzyści ze współżycia z drugą populacją, jednocześnie wywierając na osobniki tej populacji (patogeny) niekorzystny wpływ	*Trichoderma* spp., *Gliocladium catenulatum, Pythium oligandrum, Coniothyrium minitans*
Konkurencja	współzawodnictwo o deficytowe i ważne dla życia czynniki (pokarm, światło, wodę, przestrzeń życiową); ten rodzaj oddziaływania ma duże znaczenie przede wszystkim w walce z patogenami glebowymi	*Trichoderma* spp., *Gliocladium catenulatum, Pythium oligandrum, Aureobasidium pullulans*
Oddziaływanie pośrednie	wywieranie przez mikroorganizmy pozytywnego wpływu na wzrost, zdrowotność i plonowanie roślin oraz indukowanie u nich odporności	*Trichoderma* spp., *Pythium oligandrum*

Obecnie w rejestrze środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu zezwoleniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi nie ma dostępnych biopreparatów zarejestrowanych do ochrony gorczycy. Można w nim jednak znaleźć dwa biologiczne środki przeznaczone do ochrony rzepaku ozimego:

- Contans WG (środek doglebowy)
  - Substancja czynna: grzyb *Coniothyrium minitans*.
  - Działanie: chroni korzenie i podstawy pędu roślin przed zgnilizną twardzikową, działa selektywnie na zarodniki przetrwalnikowe *Sclerotinia sclerotiorum* (sklerocja), powodując ich rozkład. Namnażając się w glebie, powoduje, że efekt ochrony utrzymuje się dłużej (Weber 2002).
- Polygreen Fungicide WP
  - Substancja czynna: niepatogeniczny grzyb *Pythium oligandrum*.
  - Działanie: wypieranie patogenów na skutek enzymatycznego rozkładu ich struktur, ograniczanie suchej zgnilizny kapustnych i zgnilizny twardzikowej, zgorzeli, fytoftorozy, szarej pleśni, mączniaka prawdziwego czy mączniaka rzekomego. *Pythium oligandrum* w kontakcie z tkanką rośliny dostarcza do jej komórek fitohormony, fosfor oraz cukier, stymulując mechanizmy odpornościowe oraz wzrost rośliny (Rey i wsp. 2005; Pięta i wsp. 2007).

Rozważając biologiczne metody ochrony upraw gorczycy, warto zwrócić uwagę również na preparaty zawierające w swym składzie grzyby rodzaju *Trichoderma*. Charakteryzują się one szerokim spektrum działania, które obejmuje: intensywną produkcję enzymów litycznych oraz antybiotyków, konkurencję o składniki pokarmowe i przestrzeń z patogenami, stymulację wzrostu roślin oraz indukcję ich odporności. Cechy te sprawiają, że biopreparaty zawierające grzyby *Trichoderma* znajdują zastosowanie w ochronie upraw wielu roślin. Dodatkowym atutem tego mikroorganizmu jest również wysoka odporność na związki toksyczne, co pozwala na stosowanie go ze zmniejszonymi dawkami pestycydów. Badania skuteczności *Trichoderma* prowadzone na roślinach rzepaku wykazały zwiększenie masy tysiąca nasion, ograniczenie objawów suchej zgnilizny kapustnych na łodydze, alternariozy na łuszczynach oraz szarej pleśni na liściach (Pięta i wsp. 2002; Howell 2003; Kowalska i Remlein-Starosta 2011).

Choroby występujące na gorczycy mogą być również ograniczane przez inne mikroorganizmy. Bakteria *Bacillus subtilis* wytwarzająca substancje zakłócające funkcjonowanie błon komórkowych patogenów grzybowych, konkurująca z nimi o przestrzeń życiową oraz składniki pokarmowe, jak również indukująca odporność systemiczną rośliny, hamuje rozwój szarej pleśni oraz alternariozy. Natomiast badania nad *Aureobasidium pullulans* oraz *Gliocladium catenulatum* wykazały skuteczność tych bakterii w ograniczaniu szarej pleśni (Pięta i wsp. 2002; Wagner i wsp. 2013).

Na rynku dostępnych jest wiele preparatów bazujących na naturalnych ekstraktach i wyciągach roślinnych. Środki te mogą również ograniczać rozwój sprawców chorób, jak również wspomagać wzrost roślin gorczycy (tab. 18).

Tabela 18. Działanie ekstraktów roślinnych w ochronie roślin

Preparat	Ograniczane choroby	Uwagi
Wyciąg z czosnku	mączniak prawdziwy i rzekomy oraz szara pleśń (Daniel i wsp. 2015)	–
Ekstrakt z grejpfruta	mączniak prawdziwy i rzekomy oraz szara pleśń (Pięta i wsp. 2007)	wzmacnia system odpornościowy rośliny
Olejek z krzewu herbacianego	mączniak prawdziwy i rzekomy oraz szara pleśń (Shao i wsp. 2013)	–
Chitozan (pochodna chityny)	wiele gatunków grzybów chorobotwórczych (Pięta i wsp. 2007)	działa stymulująco na mechanizm odpornościowy roślin
Ekstrakt roślinny z alg *Ecklonia maxima*	wiele gatunków grzybów chorobotwórczych (Matysiak i wsp. 2010)	zwiększa odporność roślin na choroby i czynniki stresowe (jak mróz, okresy chłodu, susza, uszkodzenia herbicydowe, zasolenie) oraz pobudza wzrost roślin

2. Biologiczne metody ograniczania populacji szkodników i ochrona organizmów pożytecznych

Organizmy regulujące w naturalnych warunkach liczebność szkodników nazywamy pożytecznymi, a sterowanie przez człowieka ich działalnością określamy jako walkę biologiczną. Metody biologiczne polegają na wykorzystaniu wirusów, chorobotwórczych mikroorganizmów (bakterii, grzybów) oraz makroorganizmów (drapieżnych roztoczy oraz drapieżnych i pasożytniczych owadów) do zwalczania szkodników roślin, patogenów i chwastów. W biologicznym zwalczaniu szkodników rozróżnia się trzy główne metody:

– introdukcję, czyli trwałe osiedlanie na nowych terenach wrogów naturalnych, sprowadzonych z innych regionów lub kontynentów – **metoda klasyczna**;
– ochronę pożytecznych organizmów przez dokonywanie w środowisku korzystnych dla nich zmian oraz stosowanie środków im niezagrażających (selektywnych) – **metoda konserwacyjna**;
– okresową kolonizację, czyli okresowe wprowadzanie wrogów naturalnych danego agrofaga na uprawach, na których on nie występuje wcale lub występuje w małej ilości – **metoda augmentatywna**.

W uprawach polowych, w tym na plantacjach gorczycy, można wykorzystać głównie ochronę organizmów pożytecznych, czyli metodę konserwacyjną, polegającą na wykorzystaniu występujących na obszarach rolniczych i leśnych elementów krajobrazu, które umożliwiają i wzmacniają rozwój populacji pożytecznych organizmów naturalnie w nich występujących. Głównym celem podejmowanych działań jest poprawa jakości środowiska życia tych organizmów przez urozmaicenie krajobrazu, tworzeniu zacienień i kryjówek, odpowiednich miejsc zimowania oraz zabezpieczenie bazy pokarmowej dla naturalnie występujących wrogów agrofagów. Bardzo ważnym elementem tej strategii jest również racjonalne stosowanie selektywnych środków chemicznych, pozwalające na ograniczenie ich negatywnego wpływu na organizmy pożyteczne. Wrogowie naturalni występujący w środowisku naturalnym redukują liczebność gatunków szkodliwych – jest to tzw. opór środowiska. Dlatego ważne jest, żeby na polach uprawnych zauważać nie tylko szkodniki, ale także ich wrogów naturalnych, których rola bardzo często jest niedoceniana. Warto więc je dobrze poznać, aby bezmyślnie nie niszczyć sprzymierzeńców człowieka. W obrębie relacji występujących pomiędzy szkodnikiem a jego wrogiem naturalnym należy wymienić **drapieżnictwo**, gdzie drapieżca to organizm, który zabija i zjada osobniki innego gatunku (układ „drapieżca – ofiara"). Drapieżca jest zwykle większy od swojej ofiary i do rozwoju potrzebuje przeważnie więcej niż jednego osobnika (z populacji ofiary). Inną formą relacji między dwoma organizmami jest **pasożytnictwo**. W tym przypadku jeden

organizm czerpie korzyści ze współżycia z drugim organizmem, a drugi ponosi z tego tytułu szkody. Osobnika, który czerpie korzyści z pasożytnictwa nazywamy pasożytem, a tego, który ponosi szkody – żywicielem. Pasożyt wykorzystuje stale lub okresowo organizm żywiciela jako źródło pożywienia lub środowisko życia. Istnieją dwa rodzaje pasożytnictwa: pasożytnictwo zewnętrzne i wewnętrzne. W pierwszym przypadku pasożyt pewną część życia spędza na żywicielu (ektopasożyt), a w drugim – wewnątrz jego ciała (endopasożyt). W obrębie pasożytów wyróżnia się **parazytoidy**. Są to pasożyty, których larwy zabijają żywiciela, a dorosłe osobniki żyją wolno. Parazytoidami jest większość pasożytów szkodników (Kochman i Węgorek 1997).

Do pasożytów, które w naturalny sposób ograniczają populację organizmów szkodliwych w uprawie gorczycy, należą błonkówki z rodziny mszycarzowatych, gatunki z rodzaju *Aphidius*. Samice pasożytniczych błonkówek składają jaja pojedynczo do ciała larw mszyc, np. mszycy kapuścianej, która występują na uprawie gorczycy. Rozwój larwy parazytoida przebiega w całości wewnątrz ciała ofiary, które zamiera, a postać dorosła po przepoczwarczeniu wydostaje się na zewnątrz przez otwór wygryziony w grzbietowej części ciała mszycy. Mszyce tracą woskowy nalot, ich ciało staje się matowe i przekształca w tzw. mumię (fot. 13) (Sosnowska 2007). Do pasożytów, które w naturalny sposób ograniczają populację organizmów szkodliwych w uprawie gorczycy należą pasożytnicze błonkówki, głównie z rodzin gąsienicznikowatych – *Glypta haesitator* i *Pristomerus vulnerator* oraz

Fot. 13. Spasożytowana mszyca – ,,mumia'' (fot. M. Tomalak)

męczelkowatych, m.in. gatunki *Ascogaster quadridentatus* czy baryłkarz bieliniak (*Apantheles glomeratus*) (fot. 14). Dlatego ważna jest obecność w sąsiedztwie upraw takich enklaw, które stanowią bazę pokarmową dla tych parazytoidów. Baryłkarz bieliniak w znaczący sposób może redukować liczebność populacji bielinków w uprawie gorczycy. W jednej gąsienicy bielinka może rozwijać się nawet kilkadziesiąt larw baryłkarza. Po zakończeniu rozwoju, larwy pasożyta opuszczają ciało swojej ofiary i w ciągu kilku godzin formują wokół zamierającej gąsienicy kilkadziesiąt żółtych oprzędów. W niektóre lata obserwowano w sierpniu bardzo liczne, nawet powyżej 90%, opanowanie gąsienic bielinków przez tego parazytoida. Bardzo ważną rolę odgrywają także pasożytnicze muchówki z rodziny rączycowatych. Muchówki z tej rodziny swoim wyglądem przypominają muchę domową, lecz są od niej większe, bardziej krępe i pokryte szczecinkami (fot. 15). Samice za pomocą pokładełka składają jaja bezpośrednio do ciała żywiciela, na jego powierzchnię, na roślinę lub do gleby. Wylęgające się na zewnątrz larwy wchodzą do ciała owada-żywiciela. Po zakończeniu rozwoju dorosłe larwy rączyc wychodzą z ciała gospodarza, który w wyniku uszkodzenia większości tkanek oraz utraty hemolimfy ginie w czasie tego procesu. Spasożytowanie wielu szkodliwych gąsienic motyli przez tę błonkówkę może dochodzić w czerwcu nawet do 60%. Samice, zanim rozpoczną składanie jaj, odżywiają się pyłkiem i nektarem kwiatowym z roślin uprawnych i dziko rosnących.

W uprawie gorczycy ważnym od wielu lat problemem są ślimaki. Do zwalczania ślimaków można zastosować nicienie pasożytnicze, gatunek *Phasmarhabditis hemaphrodita*, które są dostępne w sprzedaży jako środki ślimakobójcze (moluskocydy), np. w preparacie Phasmarhabditis System (Kozłowski i Kozłowski 2003).

W przyrodzie najczęściej spotykaną naturalną formą zależności między organizmami żywymi jest drapieżnictwo. Najliczniejszą grupą mniej lub bardziej wyspecjalizowaną w drapieżnictwie są chrząszcze, głównie z rodzin: biegaczowatych (Carabidae) (fot. 16), trzyszczowatych (Cicindelidae) (fot. 17), gnilikowatych (Histeridae) (fot. 18), kusakowatych (Staphylinidae) (fot. 19), biedronkowatych (Coccinellidae), omarlicowatych (Silphidae) i omomiłkowatych (Cantharididae). Chrząszcze mają typowy gryzący aparat gębowy z silnie rozwiniętymi żuwaczkami służący do chwytania i zabijania ofiar. Chrząszcze do pełnego rozwoju potrzebują do kilkuset ofiar (zjadane są różne stadia rozwojowe owadów), jakkolwiek liczba ta zmienia się w zależności od rozmiarów ciała ofiary. Ważną rodziną pożytecznych chrząszczy są biegaczowate, wśród których tylko jeden gatunek jest szkodnikiem upraw rolniczych – łokaś garbatek (*Zabrus tenebrioides*), jednak większość gatunków będących niewyspecjalizowanymi drapieżcami odgrywa ważną rolę jako naturalni wrogowie szkodników roślinnych. Z uwagi na to, że zoofagicznym Carabidae przypisuje się dużą rolę w ograniczaniu występowania ilościowego fitofagów, gatunki te zostały objęte ochroną prawną (Szyszko 2002). Rodzina bie-

Fot. 14. Postać dorosła baryłkarza bieliniaka (fot. M. Tomalak)

Fot. 15. Muchówka z rodziny rączycowatych (fot. M. Tomalak)

Fot 16. Chrząszcz z rodziny biegaczowatych (fot. T. Klejdysz)

Fot. 17. Trzyszcz piaskowy (fot. M. Tomalak)

Fot. 18. Gnilik – osobnik dorosły (fot. M. Tomalak)

Fot. 19. Chrząszcz z rodziny kusakowatych (fot. T. Klejdysz)

gaczowatych należy w Polsce do jednej z większych grup taksonomicznych owadów. Zaliczanych jest do niej ponad 500 gatunków chrząszczy. Większość z nich prowadzi naziemny tryb życia – na powierzchni oraz w wierzchnich warstwach organicznych gleby, gdzie poszukują pożywienia, rozmnażają się i zimują. Wyróżnia się biegacze epigeiczne, ściółkowo-glebowe i glebowe. Wśród drapieżnych biegaczowatych występuje zjawisko specjalizacji pokarmowej. Odżywiają się mszycami, mrówkami, gąsienicami i poczwarkami motyli oraz larwami różnych szkodliwych gatunków chrząszczy i muchówek. Często ich pokarmem są także ślimaki i dżdżownice. Najmniejsze z biegaczowatych – niestrudki, odżywiają się jajami innych owadów, np. oprzędzików i śmietek. Zapotrzebowanie pokarmowe biegaczowatych jest ogromne. W ciągu doby biegacz zjada więcej pokarmu niż sam waży. Czynnikiem wpływającym na różnorodność i wielkość zgrupowań biegaczowatych jest nawożenie mineralne i organiczne. Biegaczowate mogą być wskaźnikiem bioróżnorodności w fitocenozach klimatu umiarkowanego z uwagi na ich dobrze poznaną systematykę oraz łatwość pozyskania materiału. W Wielkopolsce na powierzchni pól uprawnych integrowanej produkcji ok. 50% badanych zgrupowań stanowił gatunek *Harpalus rufipes*. Innymi gatunkami licznie występującymi na polach są: *Calathus ambiguus*, *Bembidion quadrimaculatum* i *Poecilus cupreus* oraz *Pterostichus melanarius* (Nietupski i wsp. 2015).

Również chrząszcze z rodziny kusakowatych (Staphylinidae) należą do owadów ograniczających liczebność szkodników. W Polsce opisano ponad 1400 gatunków. Przedstawiciele tej rodziny osiągają przeważnie małe rozmiary, zdarzają się jednak i takie, które dorastają do ponad 3 cm, np. próchniczak czarniawy (*Ocypus olens*). Polują zarówno formy larwalne, jak i dorosłe na różne drobne organizmy. Występują one w różnych środowiskach. Różnorodność gatunkowa kusaków jest znacznie większa na obrzeżach lasów i zadrzewień niż w ich centralnej części. Wiosną następuje wzrost liczby gatunków, co spowodowane jest migracją Staphylinidae do nowych ekologicznych nisz utworzonych w zmodyfikowanym środowisku. Uważa się, że kusakowate są drapieżcami słabo przystosowanymi, uprawiającymi łowiectwo przeważnie przygodnie, niszczącymi jaja owadów, larwy i poczwarki oraz drobne gatunki stawonogów niezabezpieczonych grubym pancerzem chityny. W związku z tym, że kusaki występują na glebie, ich ofiarami są gatunki roślinożerców również bytujące w tym środowisku lub te, których stadia diapauzujące przebywają w glebie. Wśród chrząszczy z rodziny kusakowatych na uwagę zasługuje rydzenica (*Aleochara bilineata*), niewielki dwumilimetrowy kusak atakujący larwy, poczwarki i postacie dorosłe śmietek oraz innych muchówek. Rydzenica niszczy 20–30% poczwarek śmietki kiełkówki, śmietki kapuścianej czy słodyszka rzepakowego, które są ważnymi szkodnikami w uprawie gorczycy (Ignatowicz i Olszak 1998). Bardzo ważne, z gospodarczego punktu widzenia, w regulacji populacji fitofagów występujących na roślinach, także w uprawie gorczycy, są biedronkowate (Coccinellidae). Na świecie opisanych jest już ok.

5 tysięcy gatunków biedronek. W naszym kraju zaś żyje ich ponad 70. Największy rodzimy gatunek – biedronka oczatka (*Anatis ocellata*) – osiąga prawie 1 cm wielkości. Pożyteczne chrząszcze z rodziny Coccinellidae są naturalnymi wrogami czerwców, mączlików oraz roztoczy. Biedronki są przede wszystkim ważnymi regulatorami liczebności mszyc w agrocenozach – zarówno larwy, jak i dorosłe osobniki są bardzo żarłoczne. Jedna larwa zjada w ciągu swojego cyklu rozwojowego około 600 mszyc, a owad dorosły likwiduje dziennie około 50 różnych stadiów szkodników (fot. 20, 21). Na dynamikę liczebności Coccinellidae wpływać może cały szereg czynników, a jednym z ważniejszych jest synchronizacja układu drapieżca – ofiara. Zdaniem Ciepielewskiej (1991) wzrost populacji biedronek występuje w czasie wzrostu populacji mszyc na roślinach. Biedronki charakteryzują się dużą zdolnością reprodukcyjną, jednakże ich liczebność i rozmieszczenie w ostatnich latach w środowisku naturalnym zmniejsza się z powodu zanieczyszczenia środowiska i powszechnego stosowania pestycydów. Do najczęściej spotykanych w Polsce biedronek należą: biedronka siedmiokropka (*Coccinella septempunctata*), biedronka dwukropka (*Adalia bipunctata*), biedronka wrzeciążka (*Propylea quatuordecimpunctata*) i skulik przędziorkowiec (*Stethorus punctillum*) (Pruszyński i Lipa 1970).

Owadami pożytecznymi są także drapieżne muchówki (Diptera), głównie należące do rodziny bzygowatych (Syrphidae) (fot. 22). Do pospolicie występujących mszycożernych bzygowatych należą m.in.: *Episyrphus balteatus*, *Syrphus vitripennis*, *Metasyrphus corollae*, *Sphaerophoria* spp. Larwy bzygowatych są jednymi z najważniejszych wrogów naturalnych mszyc. W związku z tym Syrphidae stanowią potencjalne źródło afidofagów dla pobliskich agrocenoz. Bzygowate wydają kilkanaście pokoleń w sezonie, co stanowi o ich wysokiej skuteczności jako drapieżców. Najefektywniej larwy działają w okresie masowego pojawienia się mszyc. Wynika to z faktu, że larwy bzygowatych są mało ruchliwe i wyszukują swoje ofiary „na ślepo", stąd zagęszczenie kolonii mszyc ma istotny wpływ na efektywność tych drapieżców. Z reguły samice Syrphidae składają jaja w sąsiedztwie kolonii mszyc. Większość z nich w czasie składania jaj wybiera rośliny bardziej opanowane przez te szkodniki. Larwy tylko częściowo wysysają zawartość mszyc, co zwiększa liczbę porażonych osobników. W trakcie rozwoju larwalnego jeden osobnik niszczy od 200 do 1000 mszyc. Z pluskwiaków różnoskrzydłych duże znaczenie mają drapieżne gatunki reprezentujące rodziny: tasznikowatych (Miridae), dziubałkowatych (Anthocoridae) (fot. 23) oraz tarczówkowatych (Pentatomidae). Używają one kłujki jako szpady do zabijania, a następnie wysysają swoje ofiary. Ich pokarmem są przędziorki, jaja owocówek i innych motyli, mszyc oraz wciornastków, np. wciornastka zbożowca, który jest ważnym szkodnikiem w uprawie gorczycy. W ciągu doby dziubałki potrafią wyssać 50 jaj przędziorków lub 7 larw mszycy czy wciornastków. Wśród dziubałków dużą rolę jako organizm pożyteczny odgrywa dziubałek gajowy (*Anthocoris nemorum*), ale istotne są także

Fot. 20. Biedronka siedmiokropka (fot. K. Nijak)

Fot. 21. Larwa biedronki (fot. K. Nijak)

Fot. 22. Bzygowate – postać dorosła (fot. M. Tomalak)

Fot. 23. Drapieżny pluskwiak z rodziny dziubałkowatych (fot. Ż. Fiedler)

gatunki z rodziny taśnikowatych (Miridae) i zażartkowatych (Nabidae) (Boczek i Lipa 1978).

Drapieżny tryb życia prowadzi również większość przedstawicieli sieciarek (Neuroptera), których larwy są wyposażone w sierpowate żuwaczki przystosowane do wysysania innych owadów. Sieciarki to niewielkie owady o seledynowych, siateczkowatych skrzydłach. Często można je spotkać pomiędzy framugami okien i w innych zacisznych kryjówkach. Najczęściej spotykanym przedstawicielem tej grupy jest złotook pospolity (*Chrysoperla carnea*) (fot. 24, 25). Osobniki dorosłe odżywiają się pyłkiem i nektarem kwiatowym, a larwy są drapieżne, atakują mszyce, małe gąsienice motyli i inne miękkie owady oraz jaja. Larwa złotooka zjada w ciągu dnia 20 mszyc lub ok. 300 przędziorków, a w ciągu całego życia ok. 600 mszyc, kilkaset jaj i innych stadiów rozwojowych owadów (Piątkowski 2001; Sosnowska i Fiedler 2013).

Z pewnością do pożytecznych owadów należy zaliczyć skorki (Dermaptera) (fot. 26), nazywane potocznie szczypawkami, ze względu na obecność cęgów w końcowej części ciała. Cęgi służą im do obrony, do odstraszania napastników, a także pełnią pomocnicze funkcje w czasie kopulacji. Są to jednak owady drapieżne, prowadzące nocny tryb życia, a ich ofiarami są mszyce i inne drobne owady. Skorki zjadają także jaja owadów, np. piętnówki kapustnicy i innych motyli sówkowatych. Z całą pewnością niedoceniana jest również rola pająków w ograniczaniu liczebności wielu groźnych szkodników roślin. A wystarczy przyjrzeć się pajęczynom często występującym na polach uprawnych, gdzie można zobaczyć w sieci mszyce, pryszczarki, skoczki czy śmietki. W Polsce żyje około 700 gatunków pająków (fot. 27), wśród których najpospolitszym jest *Linyphia triangularis*. W jego sieciach stwierdzono ponad 150 różnych gatunków owadów. Pająki to jednak niewyspecjalizowani drapieżcy, ponieważ odławiają w swoje sieci te owady, których jest najwięcej w środowisku i które przypadkowo w nie wpadają, w tym również wrogów naturalnych. Niemniej pająki można uznać także za ważnego regulatora liczebności roślinożernych owadów (Wiech 1997; Wiech i wsp. 2001).

Bardzo istotną grupę owadów pożytecznych stanowią zapylacze. Spośród wielu gatunków biorących udział w zapylaniu, takich jak motyle czy chrząszcze, najważniejszą grupę stanowią pszczoły. Obok powszechnie znanej pszczoły miodnej w Polsce występuje ponad 450 gatunków tych pożytecznych owadów, zwanych dziko żyjącymi. Wśród nich najbardziej znane są trzmiele, często niewłaściwie nazywane bąkami. Zapylanie nie tylko zwiększa plony, ale poprawia też ich jakość. W naszej strefie klimatycznej około 80–90% gatunków roślin zapylanych jest właśnie przez owady. Zapylanie naturalne kwiatów roślin owadopylnych jest często niedoceniane, a nie wolno zapominać o tym, że jest to najtańszy czynnik plonotwórczy w produkcji rolniczej (Pruszyński i wsp. 2012). Gorczyca jest rośliną owadopylną, dlatego do uzyskania wysokiego plonu dobrej jakości wymaga obecności zapylaczy w okresie kwitnienia. Brak zapylania kwiatów może przy-

Fot. 24. Osobnik dorosły złotooka pospolitego (fot. M. Tomalak)

Fot. 25. Larwa złotooka pospolitego (fot. M. Tomalak)

Fot. 26. Skorek pospolity (fot. M. Tomalak)

Fot. 27. Krzyżak ogrodowy (fot. K. Nijak)

czynić się do zniżki plonu nawet o 20–30%. Aby zapewnić prawidłowe zapylanie, 1 hektar plantacji powinny oblatywać 2–3 (maksymalnie 6) rodziny pszczele (Jabłoński 1997).

Mechanizmy regulujące liczebność gatunków szkodliwych w środowisku naturalnym cały czas funkcjonują, ale można je dodatkowo stymulować, np. dostarczając wrogom naturalnym miejsc schronienia albo zapewniając im dostatek pożywienia. Coraz częściej w uprawach rolniczych tworzy się tzw. refugia, w których obok uprawy głównej wysiewane są gatunki produkujące dużą ilość nektaru i pyłku. W tych miejscach pożyteczne owady czy stawonogi doskonale się rozwijają i stąd nalatują na pola, redukując liczebność szkodników i utrzymując ją na bezpiecznym dla uprawy poziomie. Podobną funkcję pełnią rośliny dziko rosnące w pobliżu pól uprawnych oraz zadrzewienia śródpolne. Są one źródłem pokarmu dla organizmów pożytecznych, zapewniają im schronienie i miejsce do zimowania oraz umożliwiają bezpieczny rozwój. Istotnym elementem w integrowanej ochronie roślin jest także stosowanie tzw. selektywnych środków ochrony roślin, które są bezpieczne lub mniej toksyczne dla organizmów pożytecznych (Pruszyński i wsp. 2012).

Nie należy również zapominać o ciągłym uświadamianiu producentom rolnym, jak ważną rolę odgrywają owady pożyteczne, zapylacze oraz wrogowie naturalni występujący w środowisku naturalnym, ponieważ opór środowiska stanowi ważny element, często niedoceniany w integrowanej ochronie roślin.

X. ROLA DORADZTWA W ZAKRESIE WDRAŻANIA ZALECEŃ INTEGROWANEJ PRODUKCJI I OCHRONY ROŚLIN

PODSTAWY PRAWNE I ORGANIZACYJNE SYSTEMU DORADZTWA ROLNICZEGO

Jednostki doradztwa rolniczego funkcjonują na podstawie Ustawy z 22 października 2004 r. o jednostkach doradztwa rolniczego (Dz. U. z 2013 r. poz. 474). Zgodnie z tą ustawą, struktury publicznego doradztwa rolniczego tworzą następujące jednostki:

- Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie (CDR), z trzema oddziałami: w Krakowie, Poznaniu i Radomiu;
- 16 wojewódzkich ośrodków doradztwa rolniczego (ODR).

Centrum Doradztwa Rolniczego funkcjonuje jako państwowa osoba prawna i podlega bezpośrednio ministrowi rolnictwa i rozwoju wsi. Wojewódzkie ośrodki doradztwa rolniczego z uwagi na wejście w życie Ustawy z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy o jednostkach doradztwa rolniczego stały się państwowymi jednostkami organizacyjnymi posiadającymi osobowość prawną. Nowelizacja ustawy o jednostkach doradztwa rolniczego z 2016 roku wprowadziła podległość wojewódzkich jednostek doradztwa rolniczego ministrowi właściwemu do spraw rozwoju wsi.

Rolnicy w Polsce mogą korzystać z usług doradczych, świadczonych głównie przez:

- wojewódzkie ośrodki doradztwa rolniczego (ODR);
- izby rolnicze;
- prywatne podmioty doradcze, w tym podmioty akredytowane w zakresie usług doradczych dla rolników i posiadaczy lasów.

Ośrodki doradztwa rolniczego znajdują się w każdym województwie. Struktura organizacyjna tych instytucji jest następująca:

– centrala z działami zatrudniającymi doradców-specjalistów,
– biura powiatowe i gminne zatrudniające doradców terenowych.

Wszystkie ODR-y, oprócz doradztwa indywidualnego, organizują szkolenia i doradztwo grupowe, prowadzą własne strony internetowe, wydają czasopisma – miesięczniki adresowane do rolników i mieszkańców wsi, a także organizują wystawy, targi, pokazy i konkursy. Większość posiada pokazowe gospodarstwa rolne, w których prowadzone są poletka demonstracyjne, najczęściej we współpracy z instytucjami naukowymi. W celu dostosowania programów działania do potrzeb i oczekiwań mieszkańców wsi, przy każdej jednostce działa Społeczna Rada Doradztwa Rolniczego.

Obowiązujące regulacje na lata 2014–2020, dotyczące funkcjonowania systemu doradztwa rolniczego (Farm Advisory System – FAS), nakładają na administrację państw członkowskich wymóg zapewnienia rolnikom właściwego dostępu do doradztwa rolniczego. Zgodnie z oczekiwaniami Komisji Europejskiej, System Doradztwa Rolniczego powinien być sprawny i merytorycznie przygotowany do wdrażania rozwiązań planowanych do realizacji w latach 2014–2020.

Usługi z zakresu doradztwa rolniczego są realizowane również w ramach działalności ustawowej izb rolniczych, działających na podstawie Ustawy z 14 grudnia 1995 r. (Dz. U. z 2002 nr 101, poz. 927 z późn. zm.) o izbach rolniczych. Izby rolnicze funkcjonują w każdym z 16 województw, zatrudniają doradców i ściśle współpracują z ośrodkami doradztwa rolniczego. Prywatne podmioty doradcze działają na podstawie Ustawy z 2 lipca 2004 r. o swobodzie działalności gospodarczej (Dz. U. z 2013 r. poz. 672).

Aby korzystać ze wsparcia w ramach działania „Korzystanie z usług doradczych przez rolników i posiadaczy lasów", firmy prywatne muszą uzyskać akredytację ministra rolnictwa i rozwoju wsi. Instytucją odpowiedzialną za doskonalenie zawodowe w zakresie problematyki rolnictwa i rozwoju obszarów wiejskich doradców rolniczych jest Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. Poprzez szkolenia, przygotowało doradców do realizacji działań w ramach polityki rolnej i Programów Rozwoju Obszarów Wiejskich: PROW 2007–2013 oraz PROW 2014–2020.

Oddział w Krakowie specjalizuje się w zagadnieniach doskonalenia zawodowego doradców rolniczych w zakresie wspierania rozwoju pozarolniczych funkcji obszarów wiejskich.

Oddział w Poznaniu zajmuje się metodyką doradztwa rolniczego, ekonomiką rolnictwa oraz wydaje jedyne czasopismo dla doradców rolniczych – naukowy kwartalnik „Zagadnienia doradztwa rolniczego".

Oddział w Radomiu koordynuje zagadnienia rolnictwa ekologicznego (prowadzi pokazowe, ekologiczne gospodarstwo rolne w Chwałowicach), ochrony środowiska, systemów produkcji rolnej w tym integrowanej ochrony roślin oraz

przetwórstwa rolnego na poziomie gospodarstwa rolnego w utworzonym w tym celu centrum szkolenia praktycznego.

Obecnie w systemie doradztwa funkcjonują następujące specjalizacje doradcze:
- doradca rolniczy, posiadający uprawnienia do świadczenia usług doradczych na temat wzajemnej zgodności;
- doradca rolnośrodowiskowy, świadczący usługi doradcze w ramach programów rolnośrodowiskowych;
- ekspert przyrodniczy, świadczący usługi doradcze (sporządzający ekspertyzy przyrodnicze) w ramach programów rolnośrodowiskowych;
- doradca leśny.

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami, doradca rolniczy, niezależnie od zatrudnienia w publicznym lub prywatnym podmiocie, wpisany na listę, musi mieć wyższe wykształcenie rolnicze lub pokrewne, ukończony kurs specjalizacyjny oraz zdany egzamin. Przepisy nakładają także na doradcę wpisanego na listę obowiązek uczestnictwa w specjalistycznych szkoleniach uzupełniających. Osoba, która nie wywiąże się z tego obowiązku jest skreślana z listy. Wykształcenie kadry doradczej stanowi ogromny potencjał jednostek doradztwa rolniczego.

W nowym okresie programowania, w latach 2014–2020, przy udziale Centrum Doradztwa Rolniczego wprowadzane są dodatkowe specjalizacje, takie jak:
- doradca z zakresu integrowanej ochrony roślin,
- doradca ekologiczny.

DORADZTWO W RAMACH PROGRAMU ROZWOJU OBSZARÓW WIEJSKICH 2014–2020

Celem działań Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020: „Transfer wiedzy i działalność informacyjna" oraz „Usługi doradcze, usługi z zakresu zarządzania gospodarstwem rolnym i usługi z zakresu zastępstw", jest zapewnienie dostępu do nowoczesnej wiedzy rolnikom i posiadaczom lasów. Świadczone na ich rzecz doradztwo, a także promocja i upowszechnianie innowacji przez stymulowanie współpracy między podmiotami działającymi w rolnictwie, łańcuchu żywnościowym oraz sektorze badań i rozwoju jest wyzwaniem, do którego kadra doradcza podchodzi z pełnym zaangażowaniem. Wszystkie podmioty doradcze (publiczne i prywatne) zostaną włączone w działania PROW 2014–2020, realizując jako beneficjenci projekty w zakresie szkoleń (działanie „Transfer wiedzy i działalność informacyjna") czy doradztwa (działanie „Usługi doradcze, usługi z zakresu zarządzania gospodarstwem rolnym i usługi z zakresu zastępstw"). Wybór beneficjentów tych działań będzie się odbywał zgodnie z za-

sadami zamówień publicznych. Realizacja przewidywanych działań z obszaru doradztwa rolniczego w latach 2014–2020 wymaga rozwoju zakresu i poziomu wiedzy pracowników doradztwa rolniczego.

Wymagania dotyczące integrowanej produkcji i ochrony roślin, wynikające z wielu aktów prawnych, określają następujące cele:

- zminimalizowanie niebezpieczeństw i zagrożeń dla zdrowia i środowiska naturalnego, wynikających ze stosowania pestycydów;
- poprawienie kontroli stosowania i dystrybucji pestycydów;
- ograniczenie stosowania szkodliwych substancji czynnych przez zastąpienie ich substancjami bezpieczniejszymi lub metodami niechemicznymi;
- wspieranie stosowania niskich dawek lub prowadzenia upraw bez chemicznej ochrony;
- wzrost świadomości producentów rolnych i promowanie stosowania integrowanej ochrony roślin, Kodeksów Dobrej Praktyki Rolniczej oraz Dobrej Praktyki Ochrony Roślin.

Zgodnie z art. 14 Dyrektywy 2009/128/WE wszystkie kraje członkowskie Unii Europejskiej zostały zobowiązane do wdrożenia do dnia 1 stycznia 2014 roku ogólnych zasad integrowanej ochrony roślin.

Krajowy Plan Działania (KPD) na rzecz ograniczenia ryzyka związanego ze stosowaniem środków ochrony roślin stanowi wykonanie zobowiązań wynikających z postanowień Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 71). Krajowy Plan Działania tematycznie uwzględnia wszystkie działania kluczowe dla wdrożenia przedmiotowej dyrektywy i w tym znaczeniu jest dobrze przygotowany.

Problemem natomiast jest nie to, co znalazło się w KPD, ale skąd otrzymać środki na jego realizację. Środki finansowe są potrzebne nie tylko do realizacji nowych działań, ale także do kontynuacji tych prowadzonych od wielu lat. Dyrektywa 2009/128/WE w artykule 4 mówi wyraźnie: „Państwa członkowskie opisują w swoich Krajowych Planach Działania, w jaki sposób będą wdrażały środki zgodnie z art. 5–15", a w artykule 13: „Państwa członkowskie ustanawiają lub wspierają ustanowienie wszelkich warunków niezbędnych do wdrożenia integrowanej ochrony roślin. W szczególności zapewniają one, aby użytkownicy profesjonalni mieli do dyspozycji informacje i narzędzia do monitorowania organizmów szkodliwych i podejmowania odpowiednich decyzji, jak również usługi doradcze w zakresie integrowanej ochrony roślin". Zatem to na państwie polskim ciąży obowiązek stworzenia odpowiednich systemów i zapewnienia rolnikom narzędzi umożliwiających stosowanie integrowanej ochrony roślin, co wiąże się z określonymi nakładami finansowymi.

W Krajowym Planie Działania dużą wagę przykłada się do upowszechniania dobrych praktyk, w szczególności zasad integrowanej ochrony roślin, przez działania edukacyjno-informacyjne, które mają wspierać rolników we wdrażaniu tych zasad. Do wspomnianych działań należą m.in.: opracowywanie metodyk integrowanej ochrony roślin dla poszczególnych upraw, kodeksu dobrej praktyki ochrony roślin, systemów wspomagania decyzji w ochronie roślin wskazujących optymalny termin zastosowania środka ochrony roślin, a także rozwój doradztwa w tym zakresie. Upowszechnianiu dobrych praktyk służyć będzie także popularyzacja systemu integrowanej produkcji roślin – dobrowolnego systemu jakości i certyfikacji żywności.

Ograniczanie ryzyka związanego ze stosowaniem środków ochrony roślin jest warunkiem rozwoju rolnictwa zrównoważonego oraz przyczynia się do ochrony środowiska naturalnego. Wdrażanie ogólnych zasad integrowanej ochrony roślin oraz ograniczenie zależności ochrony roślin od preparatów chemicznych zapewni zaspokojenie potrzeb ekonomicznych rolników przy zachowaniu biologicznej różnorodności zasobów środowiska naturalnego obszarów wiejskich. Wprowadzeniu i realizacji założeń integrowanej ochrony roślin towarzyszy wiele działań i aktów prawnych, których zadaniem jest wspieranie i przyspieszanie tych procesów (Mrówczyński 2013a).

DZIAŁANIA DORADZTWA W ZAKRESIE WDRAŻANIA ZALECEŃ INTEGROWANEJ PRODUKCJI I OCHRONY ROŚLIN

Zadaniem służb doradczych jest i nadal będzie nie tylko bieżąca pomoc, ale przede wszystkim doprowadzenie do zmiany mentalności producenta rolnego w jego podejściu do ochrony roślin, otaczającego go środowiska, ochrony własnego zdrowia oraz bezpieczeństwa konsumentów. Działania służb doradczych w integrowanej ochronie roślin polegają między innymi na dokonywaniu szeregu różnych ocen i podejmowaniu decyzji w celu ochrony plantacji z maksymalną skutecznością przy minimalnym wpływie na środowisko (Dominik i Schönthaler 2012).

Do najważniejszych działań, jakie należy podjąć, należą:

- identyfikacja agrofagów: doradcy rolniczy i rolnicy przede wszystkim muszą zidentyfikować szkodnika, chorobę lub chwasty, aby móc właściwie wybrać odpowiedni produkt do ich zwalczania. Dobranie właściwego środka, najlepszego w danej sytuacji, będzie bardziej ekonomiczne, gdyż pozwoli uniknąć nieefektywnych w danym przypadku produktów. Pozwala to na wybór najlepszej, dostępnej opcji ochrony plonów;
- monitorowanie: prowadzenie stałych obserwacji pojawiania się agrofagów i nasilenia ich występowania jest obecnie szczególnie ważne, gdy obok uniknięcia strat w plonie pod uwagę należy brać czynnik ekonomiczny, środowi-

skowy oraz obowiązek prowadzenia ochrony roślin w oparciu o zasady integrowanej ochrony;
– dokonanie oceny i wyboru: gdy populacja agrofaga zbliży się do wyznaczonego progu szkodliwości, najefektywniejszym sposobem redukcji populacji może okazać się zastosowanie skutecznego pestycydu wywierającego najmniejszy wpływ na środowisko i ludzi. W przypadku szkodników nie można zapomnieć o sprawdzeniu liczby pożytecznych organizmów, np. owadów, których obecność może sugerować, że populacja szkodników zmaleje bez interwencji;
– sygnalizacja: polega na powiadomieniu producenta przez służby doradcze ochrony roślin o pojawieniu się konkretnej choroby, szkodnika czy innych agrofagów oraz konieczności wykonania właściwego zabiegu w określonym terminie.

Uwzględniając priorytety określone w KPD na rzecz ograniczenia ryzyka związanego ze stosowaniem środków ochrony roślin na lata 2013–2017, Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie wraz z niektórymi ODR-ami (Kujawsko-Pomorskim, Lubuskim, Pomorskim i Wielkopolskim) podjęły działania mające na celu utworzenie systemu wspomagania decyzji w zakresie integrowanej ochrony roślin. Jednym z kluczowych założeń realizacji tego systemu jest tworzenie sieci gospodarstw demonstracyjnych na terenie całego kraju.

Gospodarstwa demonstracyjne reprezentują najwyższy poziom produkcji rolniczej. Są one miejscem wdrażania zasad integrowanej produkcji i ochrony roślin przez organizację warsztatów polowych, prezentację postępu hodowlanego, realizację wykładów specjalistów. Jednocześnie w gospodarstwach tych będzie prowadzona przez merytorycznych doradców, obserwacja nasilenia występowania agrofagów w celu uzyskania danych stanowiących podstawę do podejmowania decyzji o potrzebie wykonywania zabiegów ochroniarskich oraz wyznaczania terminu ich przeprowadzenia. Przedmiotowe gospodarstwa wyposażane są w automatyczne stacje meteorologiczne, włączone w jednolity, centralny system, co pozwoli na efektywne prowadzenie sygnalizacji wystąpienia agrofagów.

W ostatnich latach nastąpił znaczny postęp w rozwoju metod sygnalizacji dzięki wdrażaniu systemów wspomagających określenie optymalnego terminu zabiegu (System Wspomagania Decyzji). „Narzędzia" te stanowią element nowoczesnego doradztwa i są wykorzystywane w pracy doradczej (Pruszyński i Wolny 2009).

Aby wyniki monitoringu przyniosły korzyści, wykonanie obserwacji wymaga zaangażowania wielu przygotowanych do tych obowiązków specjalistów, którzy zabezpieczą prawidłowy zbiór i właściwe przekazanie informacji. Budowany system umożliwia korzystanie z doradztwa on-line z wykorzystaniem narzędzi IT uwzględniających najnowsze rozwiązania w zarządzaniu gospodarstwem rolnym,

w tym również wsparcie rozwoju gospodarki rolnej w rozumieniu Europejskiego Partnerstwa Innowacyjnego (EPI).

Centrum Doradztwa Rolniczego od 2012 r. prowadzi doskonalenie zawodowe doradców w zakresie integrowanej ochrony roślin. W latach 2013–2014 na zlecenie MRiRW, zostały zrealizowane projekty szkoleniowe, w ramach których przeszkolono łącznie 1483 osób. Projekty obejmowały różne formy doskonalenia doradców, takie jak:

– szkolenia e-learningowe,
– praktyczne zajęcia warsztatowe na plantacjach rolniczych, warzywniczych i sadowniczych,
– wyjazdy studyjne do krajów UE.

W trakcie prowadzonych zajęć warsztatowych uwzględniono praktyczne aspekty w zakresie rozpoznawania chorób, szkodników i chwastów na prowadzonych uprawach.

W latach 2012–2013 opracowano publikację dotyczącą integrowanej ochrony roślin, która jest dostępna na stronie www.cdr.gov.pl.

System doradztwa rolniczego powinien budować program wsparcia intelektualnego polskich producentów rolnych.

Ostrzegać szybko i skutecznie – to główne zadanie Platformy Sygnalizacji Agrofagów (www.agrofagi.com.pl).

Ostrzegać, edukować, informować, radzić – to funkcje, jakie pełnić ma nowo utworzona, internetowa Platforma Sygnalizacji Agrofagów. Oprócz ostrzeżeń o niebezpiecznych chorobach, szkodnikach czy chwastach, na stronie publikowane są programy ochrony roślin, a także zalecenia dotyczące prawidłowego i skutecznego zwalczania agrofagów. Platforma została przygotowywana przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu we współpracy z Instytutem Ogrodnictwa w Skierniewicach oraz Instytutem Nawożenia, Uprawy i Gleboznawstwa w Puławach, a także z innymi placówkami naukowo-badawczymi oraz ośrodkami doradztwa rolniczego. Ma to być narzędzie, które pomoże rolnikom w codziennej pracy.

Realizacja przedsięwzięcia ma istotne znaczenie przy monitorowaniu sytuacji pszczół narażonych na działanie środków ochrony roślin. Nie brakuje zatem zaleceń, jak wykonywać zabiegi ochronne, aby nie zaszkodziło to owadom zapylającym.

Platforma Sygnalizacji Agrofagów była w początkowej fazie poddawana testom wykonywanym wspólnie z ośrodkami doradztwa rolniczego. Biorąc pod uwagę doświadczenie jednostek naukowych, instytucji i organizacji branżowych oraz dotychczasową współpracę w upowszechnianiu i stosowaniu ogólnych zasad

integrowanej ochrony roślin, zachęcamy do aktywnego wykorzystania Platformy Sygnalizacji Agrofagów, w tym monitorowania agrofagów w uprawach i udostępniania wyników rolnikom.

Upowszechnienie integrowanej produkcji i ochrony roślin wymaga twórczego udziału w tym procesie wszystkich zainteresowanych jednostek, organizacji rządowych i samorządowych. Bez wyraźnego wsparcia, i to nie tylko słownego, ale zapewniającego warunki do realizacji zasad i promowania integrowanej produkcji i ochrony roślin, nie można liczyć na sukces.

Wykorzystano informacje z następujących stron:
www.minrol.gov.pl, www.piorin.gov.pl, www.iung.pulawy.pl,
www.ior.poznan.pl, www.coboru.pl, www.ihar.edu.pl

XI. PRZYGOTOWANIE DO ZBIORU, ZBIÓR, TRANSPORT I PRZECHOWYWANIE PLONU

GORCZYCE UPRAWIANE NA NASIONA

Gorczyce, podobnie jak rzepak, zbiera się jedno- lub dwuetapowo. O wyborze metody zbioru decydują uwarunkowane genetycznie skłonności gatunku do osypywania i stan plantacji. Odporną na osypywanie gorczycę białą zaleca się zbierać jednoetapowo. Gorczycę sarepską, a przede wszystkim szybko dojrzewającą gorczycę czarną, korzystniej zbierać dwuetapowo. Z powodu podatności tych gatunków na osypywanie Wałkowski (1997) zaleca przeprowadzenie zbioru gorczycy czarnej i sarepskiej w godzinach rannych, gdy łuszczyny, dzięki porannej rosie, są elastyczne i mniej skłonne do pękania.

Do zbioru jednoetapowego kwalifikują się wyłącznie plantacje czyste i równomiernie dojrzałe. Przy tej metodzie zbiór przeprowadza się w pełnej dojrzałości, gdy wilgotność nasion nie przekracza 16%. W przypadku konieczności wyrównania dojrzewania plantacji zaleca się 8 dni przed planowanym zbiorem – gdy wilgotność nasion nie przekracza 30%, zastosować zarejestrowany do desykacji gorczycy białej i sarepskiej herbicyd nieselektywny o działaniu systemicznym: RoundupTM Max 2. Zabieg najkorzystniej przeprowadzić rano lub wieczorem, aby ograniczyć odparowywanie środka. Zalecana dawka herbicydu do desykacji wynosi 1,5–2 kg/ha, a ilość wody 100–300 l/ha.

Plantacje zachwaszczone lub przenawożone azotem zaleca się zbierać dwuetapowo. Rośliny kosi się w dojrzałości technicznej, gdy słoma żółknie, a około 70% nasion nabiera żółtego lub brunatnego (w zależności od gatunku) rumieńca. Po przeschnięciu pokosu, co podczas słonecznej pogody na wysokim ściernisku następuje po upływie około tygodnia i osiągnięciu przez nasiona wilgotności poniżej 16% można przystąpić do zbioru. W przypadku silnego zachwaszczenia łanu i deszczowej pogody wysychanie pokosu się wydłuża, czego skutkiem jest większe osypywanie nasion. Takie warunki sprzyjają także rozwojowi grzybów i w efekcie przyczyniają się do obniżenia wartości handlowej nasion. Powyższe obserwacje potwierdzają konieczność ochrony plantacji przed chwastami już we wczesnych stadiach rozwojowych oraz zapewnienia zalecanej obsady rośliny uprawnej głów-

nie przez odpowiednią ilość wysiewu nasion, a także zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne. W celu ograniczenia strat nasion podczas zbioru istotne jest dostosowanie parametrów zespołu młócącego i czyszczącego do charakterystycznej dla gatunku wielkości nasion. W przypadku omłotu nasion gorczycy białej, charakteryzującej się dużymi nasionami, ustawienia prędkości obrotów bębna młócącego i wentylatora są podobne jak przy omłocie rzepaku. Przy omłocie nasion gorczycy sarepskiej i czarnej należy wziąć pod uwagę znacznie mniejszą masę nasion. Szczególnie istotne jest nastawienie odpowiedniej prędkości wentylatora w celu ograniczenia strat spowodowanych wywiewaniem drobnych nasion oraz dobranie sit o odpowiednio mniejszych szczelinach lub otworach.

W czasie zbioru należy dochować szczególnej staranności, aby uzyskać nasiona o jakości umożliwiającej ich długie przechowywanie. Dobrze przechowują się tylko nasiona dojrzałe, zdrowe, niezagrzane, nieuszkodzone i doczyszczone. Wilgotność nasion do dłuższego przechowywania nie może przekroczyć 9%.

GORCZYCE UPRAWIANE NA POPLON

Ze względu na to, że dolne części łodyg są twarde i gorzkie, gorczycę na zielonkę kosi się na wysokości 10 cm od ziemi w terminie pozwalającym na uzyskanie paszy o dużej strawności i zasobnej w białko (Wałkowski 1997). Gorczycę uprawianą na zielony nawóz należy przyorać na głębokość 20–25 cm najpóźniej pod koniec października, gdy rośliny są jeszcze niezdrewniałe i łatwo ulegają rozkładowi (Wałkowski 1997). Natomiast poplon przeznaczony na mulcz należy zniszczyć dopiero na wiosnę (Budzyński 2010).

XII. WŁAŚCIWY DOBÓR TECHNIKI STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

Pełne bezpieczeństwo i wysoka skuteczność zabiegów ochronnych to kluczowe elementy właściwej strategii ochrony roślin przed agrofagami. Wybór odpowiedniej techniki opryskiwania i parametrów roboczych w zmiennych warunkach agrometeorologicznych gwarantuje precyzję aplikacji środków ochrony roślin, a co za tym idzie – wysoką skuteczność ochrony roślin uprawnych. Efekt ochrony roślin uprawnych uzależniony jest od zabezpieczenia i przestrzegania wszystkich zaleceń oraz wytycznych związanych z właściwym postępowaniem ze środkami ochrony roślin w trakcie magazynowania, przygotowywania i wykonywania zabiegów opryskiwania, jak i czynności dotyczących postępowania po wykonaniu zabiegów opryskiwania.

1. Przechowywanie środków ochrony roślin

Podczas styczności ze środkami ochrony roślin należy zachować czujność i należytą ostrożność, zwłaszcza w sytuacji kontaktu z preparatami najbardziej toksycznymi. Środki ochrony roślin należy nabywać tylko w licencjonowanych punktach sprzedaży, w oryginalnych i nieuszkodzonych opakowaniach, z etykietą producenta.

Zgodnie z rozporządzeniem MRiRW (Dz. U. z dn. 22 maja 2013 r., poz. 625) środki ochrony roślin przechowuje się w miejscach lub obiektach, w których zastosowano rozwiązania zabezpieczające przed skażeniem wód powierzchniowych i podziemnych w rozumieniu przepisów prawa wodnego oraz gruntu na skutek wycieku lub przesiąkania w głąb profilu glebowego.

Środki ochrony roślin należy przechowywać w osobnych budynkach lub specjalnych magazynach, wyraźnie oznakowanych (napis: „Środki ochrony roślin") oraz zamykanych i zabezpieczonych przed dostępem osób nieupoważnionych.

Magazyn środków ochrony roślin:

– powinien znajdować się z dala od budynku mieszkalnego i inwentarskiego, stodół, spichlerzy i innych magazynów spożywczych, a także od studni, ujęć

wody pitnej, zbiorników i cieków wodnych w odległości nie mniejszej niż 20 m;
- powinien posiadać nieprzepuszczalną, łatwo zmywalną nawierzchnię umożliwiającą dokładne i szybkie usunięcie środka w razie jego rozlania lub rozsypania;
- powinien mieć własną wentylację i oświetlenie, a w pomieszczeniu temperatura nie powinna spadać poniżej zera (°C).

Magazynowane środki ochrony roślin powinny być dobrze opisane (najlepiej w oryginalnych opakowaniach i z etykietą), tak aby uniemożliwić ich kontakt z produktami spożywczymi i paszą. Należy je także zabezpieczyć przed przypadkowym spożyciem przez ludzi lub zwierzęta.

2. Przygotowanie i wykonanie zabiegów ochrony roślin

Podczas przygotowywania i wykonywania zabiegów ochrony roślin zawsze istnieje ryzyko powstania niepożądanych skutków ubocznych dla ludzi, zwierząt i środowiska. Stopień ryzyka skażeń znacznie wzrasta, gdy przygotowywanie zabiegu jest nieprawidłowe, niezgodne ze wskazaniami zawartymi na etykiecie środka ochrony roślin i przyjętymi zasadami dobrej praktyki ochrony roślin.

Operator opryskiwacza w trakcie przygotowywania i wykonywania zabiegu musi być wyposażony w odpowiednią odzież ochronną, zgodnie z zaleceniami etykiety oraz kartą charakterystyki środka. Podstawowymi elementami wyposażenia odzieży ochronnej są: kombinezon, odpowiednie buty, gumowe rękawice odporne na działanie środków ochrony roślin, okulary i maska chroniąca oczy, układ oddechowy oraz pokarmowy.

Sporządzanie cieczy użytkowej

Przygotowanie cieczy użytkowej musi odbywać się w sposób ograniczający ryzyko skażenia wód powierzchniowych i podziemnych oraz gruntu, w tym na skutek wycieku lub przesiąkania środków ochrony roślin w głąb profilu glebowego. Ciecz użytkową należy sporządzać w odległości nie mniejszej niż 20 m od studni, ujęć wody oraz zbiorników i cieków wodnych, w przypadku sporządzania cieczy użytkowej z zastosowaniem środków ochrony roślin przeznaczonych dla użytkowników profesjonalnych (Dz. U. z dn. 22 maja 2013 r., poz. 625).

Ciecz użytkową należy zawsze sporządzać bezpośrednio przed zabiegiem, gdyż jej przetrzymywanie w zbiornikach nawet przez kilka godzin może być powodem wytrącenia się poszczególnych składników lub też powstania innych związków, które mogą być dla rośliny uprawnej toksyczne. W przypadku sporządzania cieczy w gospodarstwie czynność tę należy wykonać na nieprzepuszczalnym podłożu (np. płycie betonowej), umożliwiającym zebranie i bezpieczne

zagospodarowanie ewentualnych wycieków lub rozsypanych środków ochrony roślin. Przed otwarciem opakowania zawierającego preparaty chemiczne należy zawsze szczegółowo zapoznać się z etykietą stosowania, w której zawarte są niezbędne wskazówki i informacje dotyczące możliwości mieszania i stosowania tych środków. Preparaty chemiczne w formie proszków do sporządzania zawiesin wodnych, koncentratów zawiesinowych czy past należy wstępnie rozprowadzić w małej ilości wody, sporządzając zagęszczoną papkę, a następnie rozcieńczyć ją do konsystencji płynnej. Tak przygotowane preparaty, przy włączonym mieszadle cieczy, wlewa się przez sito wlewowe do zbiornika opryskiwacza napełnionego częściowo wodą, a następnie dopełnia się zbiornik do żądanego poziomu. Po odmierzeniu płynnych środków ochrony roślin puste opakowania i naczynia należy dokładnie opłukać, a popłuczyny wlać do zbiornika opryskiwacza. Dobrym rozwiązaniem ograniczającym skażenia miejscowe jest sporządzanie cieczy użytkowej na polu, szczególnie w przypadku opryskiwaczy wyposażonych w specjalne rozwadniacze agrochemikaliów, gdzie komponenty ulegają wstępnemu rozcieńczeniu/rozpuszczeniu przed wprowadzeniem do zbiornika.

W zabiegach z użyciem kilku agrochemikaliów istotne znaczenie ma kolejność mieszania składników, a także niedopuszczenie do osadzania i rozwarstwienia się poszczególnych komponentów. Mieszaninę przygotowuje się z zachowaniem właściwej kolejności dodawania poszczególnych składników. Najpierw miesza się ciecz z nawozami, a potem dodaje się wstępnie rozcieńczone środki ochrony roślin (ś.o.r.). Do zbiornika opryskiwacza do połowy napełnionego wodą przy włączonym mieszadle wsypuje się odważoną porcję nawozu (np. mocznik, siarczan magnezu). Do tak sporządzonego roztworu dodaje się powoli oddzielnie przygotowane roztwory poszczególnych komponentów, przy czym środek ochrony roślin dodaje się jako ostatni element mieszaniny. Należy przy tym przestrzegać kolejności dodawania ś.o.r. według ich form użytkowych, tj. najpierw zawiesiny, następnie emulsje, a na końcu roztwory. Szczególnie ważne jest, aby wstępnie rozpuszczone roztwory ś.o.r. (herbicyd, fungicyd lub insektycyd) były dodawane bardzo powoli, gdyż gwałtowne łączenie komponentów może doprowadzić do tzw. kłaczenia lub wytrącania się osadu. Ważne jest, aby mieszadło opryskiwacza cały czas było włączone, nie dopuszczając w ten sposób do tworzenia się osadów na dnie zbiornika. Po dodaniu wszystkich składników cieczy użytkowej zbiornik uzupełnia się wodą do wymaganej objętości.

Do zabiegu nie należy używać wody o niskiej temperaturze (pobranej bezpośrednio ze studni głębinowej – dodatek np. mocznika powoduje dodatkowe obniżenie temperatury cieczy użytkowej) oraz wykorzystywać wody o dużej twardości lub zanieczyszczonej związkami organicznymi i nieorganicznymi.

Należy zawsze zwracać uwagę, aby przygotować tylko taką ilość cieczy użytkowej, która jest niezbędna do ochrony założonej powierzchni plantacji.

Wybór aparatury do zabiegów

Podstawą efektywnej i bezpiecznej ochrony roślin jest odpowiednio przygotowany, sprawny i dobrze wyposażony opryskiwacz. Opryskiwacze zawieszane, wyposażone w belki polowe o znacznych szerokościach roboczych, powodują proporcjonalnie mniejsze uszkodzenia roślin, gdyż zmniejsza się liczba przejazdów roboczych.

Opryskiwacze przyczepiane, które najczęściej współpracują z belkami o największych szerokościach roboczych, przetaczane są na własnym podwoziu. W doborze tej aparatury należy uwzględnić rozstaw kół opryskiwacza, który będzie dopasowany do rozstawu rzędów roślin i rozstawu kół ciągnika. Opryskiwacze przyczepiane powodują większe straty na końcach plantacji podczas manewrowania i ustalania toru kolejnego przejazdu. Powstają wówczas osobne tory przejazdu ciągnika i opryskiwacza. Straty te mogą ograniczać specjalne układy kopiujące montowane na dyszlach nowoczesnych opryskiwaczy przyczepianych.

Opryskiwacze rękawowe z pomocniczym strumieniem powietrza (PSP) mogą być bardzo przydatne do zabiegów przeciw chorobom i szkodnikom w zwartym łanie kukurydzy. Opryskiwacz rękawowy z PSP może być wyposażony w rozpylacze wytwarzające krople grube i bardzo grube (np. rozpylacze przeciwznoszeniowe i eżektorowe), które umożliwiają głębsze wnikanie rozpylonej cieczy w łan i zwiększają jakość pokrycia cieczą użytkową różnych części roślin. Zaletą opryskiwacza wyposażonego w system PSP jest to, że zabieg ochronny może być wykonywany w optymalnym terminie agrotechnicznym, a więc w takim okresie, kiedy działanie środka ochrony roślin jest najbardziej efektywne.

Do zabiegów wykonywanych w okresie pełnej wegetacji roślin wymagany jest specjalny sprzęt do ochrony roślin lub aparatura zabiegowa odpowiednio przygotowana lub zmodernizowana. Najmniejsze straty w plonie zwartych łanów powodują opryskiwacze samojezdne o dużym prześwicie podwozia, wąskich oponach, regulowanym rozstawie kół i o belkach polowych o dużych szerokościach roboczych. Jedną z wielu zalet tych maszyn jest ich duży prześwit i możliwość unoszenia belki polowej na znaczną wysokość. Opryskiwacze samojezdne odznaczają się krótszą konstrukcją, dzięki czemu można łatwiej nimi wykonywać manewry na polu. Ponadto dzięki zwartej budowie (dwie osie w bliskiej odległości od siebie) mogą być bardzo precyzyjnie prowadzone jednym śladem na uwrociach. Obecnie jest to najbardziej wydajna i efektywna aparatura naziemna do wykonywania późnych zabiegów z użyciem ś.o.r. (np. fungicydów i desykantów) w uprawie gorczycy.

Dobór rozpylaczy do zabiegu

Rozpylacze mają bezpośredni wpływ na jakość opryskiwania, a co za tym idzie na bezpieczeństwo i skuteczność działania stosowanych środków ochrony roślin. Ich wyboru często dokonuje się na podstawie wymaganego rozmiaru kropli i ro-

Tabela 19. Klasyfikacja rozpylaczy według wielkości wytwarzanych kropel (kategoria kroplistości), w zależności od najczęściej stosowanych typów i rozmiarów rozpylaczy oraz ciśnień roboczych (klasa wielkości kropel uśredniona dla rozpylaczy o kącie 110° i 120° pochodzących od wiodących producentów)

Rozpylacze szczelinowe płaskostrumieniowe o kącie 110° (120°)							
Typ – ciśnienie [bar] \ **Rozmiar (kod)**		**015**	**02**	**025**	**03**	**04**	**05**
Standard/Uniwersalne	1,0	F	M	M	M	M	M
	2,0	F	F	M	M	M	M
	3,0	F	F	F	F	M	M
	4,0	F	F	F	F	F	M
Antyznoszeniowe	2,0	M	M	C	C	C	C
	3,0	F	M	M	M	M	C
	4,0	F	M	M	M	M	M
Eżektorowe	2,0	VC	VC	VC	VC	VC	VC
	3,0	C	VC	VC	VC	VC	VC
	4,0	C	C	VC	VC	VC	VC
	5,0	C	C	C	VC	VC	VC
	6,0	M	C	C	C	C	VC

KLASA WIELKOŚĆI KROPEL (KROPLISTOŚĆ)			
Drobne (F)	**Średnie (M)**	**Grube (C)**	**Bardzo grube (VC)**

Źródło: według danych z katalogów producentów rozpylaczy

dzaju opryskiwania (kroplistości) (Czaczyk 2012). W doborze właściwych rozpylaczy do poszczególnych zabiegów ochrony roślin pewnym ułatwieniem mogą być katalogi i ogólne zalecenia odnośnie ich wykorzystywania do ochrony upraw rolniczych (tab.19).

W uprawie gorczycy konieczność wykonywania różnych zabiegów ochronnych (zwalczanie chwastów, chorób, szkodników) czy też zmienne warunki pogodowe w okresie wegetacji są istotnym czynnikiem limitującym wybór właściwych parametrów opryskiwania, a w tym przede wszystkim typu i wymiaru rozpylaczy. Podział na różne rodzaje opryskiwania (drobne, średnie, grube i bardzo grube) pozwala dobrać właściwy rozpylacz do rodzaju zabiegu według kryteriów niebezpieczeństwa znoszenia i przydatności do różnych zabiegów ochronnych oraz faz rozwojowych rośliny uprawnej (tab. 20). Wybór optymalnej kroplistości opryskiwania jest szczególnie ważny, gdy efektywność działania środka ochrony roślin jest uzależniona od jakości pokrycia roślin lub w przypadku konieczności ograniczania znoszenia (Kierzek i wsp. 2012).

Dobór rozpylacza do konkretnych zabiegów ochronnych należy poprzedzić zapoznaniem się z jego charakterystyką techniczną, a szczególnie z informacją

o typie i rodzaju rozpylacza oraz natężeniu wypływu cieczy, które jest wyrażone zunifikowanym kolorem i kodem cyfrowym (np. zielony – 015, żółty – 02, niebieski – 03 itd.).

W konwencjonalnych opryskiwaczach polowych do zabiegów ochrony roślin stosuje się najczęściej rozpylacze szczelinowe (płaskostrumieniowe). Do najbardziej rozpowszechnionych typów rozpylaczy płaskostrumieniowych zalicza się: standard, uniwersalny o polepszonej jakości rozpylania (rozszerzony zakres ciśnień roboczych), niskoznoszeniowy (inaczej antyznoszeniowy lub przeciwznoszeniowy) oraz eżektorowy.

W optymalnych warunkach pogodowych, dobrym rozwiązaniem jest stosowanie do zabiegów ochronnych rozpylaczy standardowych lub uniwersalnych o podwyższonej jakości rozpylania (rozszerzony zakres ciśnienia roboczego). Rozpylacze standardowe można stosować zarówno do zabiegów zwalczania chorób, szkodników, jak i chwastów. Wytwarzają one dużo drobnych kropel podatnych na znoszenie i stąd zalecane są do wykorzystywania tylko w odpowiednich warunkach pogodowych (mały wiatr, wilgotność powyżej 50%, temperatura poniżej 22–25°C). Standardowe rozpylacze szczelinowe odznaczają się bardzo dobrym wskaźnikiem pokrycia liści roślin, ale dotyczy to głównie górnych powierzchni blaszek liściowych. Zalecane ciśnienie robocze dla standardowych rozpylaczy szczelinowych wynosi od 2 do 4 bar (1 bar = 1 atm = 0,1 MPa). W ochronie z użyciem fungicydów niezwykle istotny jest transport cieczy użytkowej jak najgłębiej w łan na łodygi i dobre pokrycie dolnych powierzchni liści, czyli miejsc, gdzie infekcja często ma swój początek. Do takich zabiegów w gorczycy lepszą przydatność wykazują rozpylacze uniwersalne o podwyższonej jakości rozpylania, które efektywnie działają w szerokim zakresie ciśnienia roboczego (od 1 bar do 5 bar), zapewniając uzyskanie większej jednorodności wytwarzanych kropel. Rozpylacze te przy normalnych warunkach pogodowych zapewniają równomierny rozkład opryskiwanej cieczy w całym zakresie ciśnienia roboczego i dobrą penetrację łanu.

Rozpylacze ograniczające znoszenie kropel cieczy, dzięki wytwarzaniu grubych i bardzo grubych kropel polecane są do zabiegów wykonywanych w trudniejszych warunkach atmosferycznych (zwiększona siła wiatru, niska wilgotność, wyższe temperatury). Do tej grupy należą rozpylacze niskoznoszeniowe i eżektorowe (Hołownicki i wsp. 2012). Rozpylacze niskoznoszeniowe mają najczęściej wbudowaną w korpus kalibrowaną kryzę, która obniża ciśnienie cieczy docierającej do właściwej dyszy rozpylającej. Dzięki temu zostaje znacznie zmniejszona ilość małych kropel podatnych na znoszenie i odparowanie. Rozpylacze antyznoszeniowe nadają się doskonale do zabiegów chwastobójczych (doglebowe, nalistne), desykacji roślin, stosowania regulatorów wzrostu oraz insektycydów i fungicydów. Najlepiej pracują przy ciśnieniu roboczym w zakresie od 2 do 5 bar. Nieco gorsze efekty ich działania mogą pojawić się podczas wykonywania zabiegów z użyciem środków o działaniu kontaktowym.

Rozpylacze ężektorowe pozwalają na wykonanie zabiegu przy trudniejszych warunkach pogodowych, np. silniejszym wietrze. Rozpylacze te wytwarzają duże krople nasycone pęcherzykami powietrza, które, padając na roślinę, pękają i rozbijają się na krople znacznie mniejsze (Wachowiak i Kierzek 2010). Duże krople o znacznej energii początkowej lepiej penetrują wysoki i zwarty łan, docierając do głęboko ukrytych części roślin. W pierwszych konstrukcjach rozpylaczy ężektorowych uzyskiwano optymalną pracę (jakość rozpylania cieczy) dla ciśnień roboczych w granicach od 5 do 8 bar. W nowoczesnych rozwiązaniach tych rozpylaczy zadowalającą jakość dystrybucji rozpylanej cieczy uzyskuje się już przy bardzo niskich ciśnieniach roboczych rzędu 1–2 bar. Przy tak niskich ciśnieniach roboczych efekt redukcji znoszenia dochodzi nawet do 80–90%. Rozpylacze ężektorowe można polecać do zabiegów herbicydowych doglebowych przedwschodowych i powschodowych oraz do stosowania herbicydów, insektycydów i fungicydów o działaniu systemicznym (układowym). Coraz częściej w praktyce rolniczej stosowana jest dwustrumieniowa wersja rozpylaczy ężektorowych o dwóch płaskich, wachlarzowych strumieniach cieczy. Modele te produkowane są w wersji z symetrycznymi (najczęściej tworzą względem siebie kąt 60°) i asymetrycznymi wachlarzami. W trakcie przejazdu rośliny opryskiwane są dwoma strumieniami cieczy. Jeden strumień skierowany jest w kierunku jazdy, a drugi do tyłu, co ma zapewnić dobre i równomierne pokrycie zarówno poziomych, jak i pionowych powierzchni roślin oraz dobrą penetrację łanu.

Zamontowanie na opryskiwaczu rozpylaczy antyznoszeniowych lub ężektorowych już o mniejszych rozmiarach (np. kolor żółty „02" lub niebieski „03") pozwala na skuteczne i bezpieczne wykonywanie zabiegu w mniej korzystnych warunkach pogodowych, przy średnim zużyciu cieczy użytkowej od 100 do 300 l na hektar.

Podczas wykonywania łączonych zabiegów z użyciem różnych agrochemikaliów należy stosować niskie i średnie ciśnienia robocze z zalecanych dla poszczególnych typów rozpylaczy, a więc do 3 bar przy rozpylaczach standardowych i o podwyższonej jakości rozpylania cieczy oraz od 3 do 5 bar dla rozpylaczy ężektorowych.

Kąt strumienia cieczy a wysokość belki polowej

W tradycyjnych opryskiwaczach polowych rozpylacze płaskostrumieniowe umieszczone są na belce polowej w rozstawie co 50 cm. Zapewnia to równomierny rozkład poprzeczny cieczy na całej szerokości belki, dzięki nakładaniu się sąsiadujących strumieni (wachlarzy) cieczy. Rozpylacze szczelinowe mają różny kąt rozpylania cieczy: 80°, 90°, 110° lub 120°. Najbardziej uniwersalnymi do zabiegów ochrony przed chwastami, chorobami i szkodnikami są rozpylacze o kącie strumienia 110° lub 120° . Kąt rozpylania cieczy ma istotne znaczenie przy ustawianiu odległości belki roboczej od opryskiwanych powierzchni. Przy więk-

szym kącie rozpylania belka opryskiwacza powinna być ustawiona niżej, np. kąt 120° – 35–45 cm, a przy kącie mniejszym wyżej np. 80° – 60–75 cm. Dla najbardziej popularnych rozpylaczy o kącie 110° optymalną odległością jest 50 cm. Nie należy przeprowadzać opryskiwania z większej lub mniejszej wysokości niż zalecane przez producenta rozpylaczy. Jeśli belka polowa jest ustawiona zbyt nisko, to pozostają obszary o zagęszczonym naniesieniu oraz pasy nieopryskane, a jeśli zbyt wysoko, równomierność rozkładu cieczy jest nieprawidłowa i może dojść do zwiększonego znoszenia cieczy użytkowej na sąsiednie uprawy.

Rozpylacze w wyniku intensywnego użytkowania ulegają naturalnemu zużyciu, stąd też równomierność rozpylania cieczy znacznie się pogarsza. Przy wymianie rozpylaczy należy pamiętać, aby używać zawsze tego samego rozmiaru i koloru rozpylacza, co zapewni ponownie poprawne dawkowanie cieczy na hektar oraz równomierny rozkład cieczy pod belką polową. Rozpylacze (całe lub szczeliny rozpylające) najczęściej są wykonane z tworzyw sztucznych, tzw. polimerów, hartowanej stali nierdzewnej, ceramiki, rzadko z mosiądzu. Wszystkie materiały (oprócz mosiądzu) są odporne na ścieranie oraz działanie preparatów chemicznych i nawozów płynnych. Najmniejsze uszkodzenie otworu rozpylającego, wskutek nieprawidłowej eksploatacji lub też niewłaściwego oczyszczania, może być przyczyną zwiększenia wypływu cieczy oraz pogorszenia równomierności rozkładu cieczy. Rozpylacz należy uznać za zużyty, gdy natężenie wypływu (wydatek jednostkowy) przekracza o 10% wartość odczytaną z tabel dla nowego rozpylacza. W przypadku zatkania szczeliny rozpylacza nie wolno używać do oczyszczenia przedmiotów twardych i ostrych, lecz specjalnych miękkich szczoteczek.

Dobór dawki cieczy użytkowej

Dawka cieczy użytkowej powinna być dobierana do rodzaju opryskiwanej uprawy i fazy rozwojowej roślin. W tabeli 20. zamieszczono zakresy zalecanych dawek cieczy użytkowej w ochronie gorczycy przed agrofagami podczas stosowania tradycyjnej techniki opryskiwania i dla opryskiwaczy wykorzystujących PSP (pomocniczy strumień powietrza) dla różnych środków ochrony roślin, mieszanin oraz terminów ich stosowania. Przy stosowaniu tradycyjnej techniki opryskiwania zwiększenie zużycia ilości cieczy użytkowej na hektar można osiągnąć przez stosowanie bardzo małej prędkości roboczej i/lub wyposażenie opryskiwacza w rozpylacze o większym wydatku jednostkowym. Takie rozwiązanie obniża wydajność pracy i zwiększa ogólny koszt zabiegu (częstsze napełnianie zbiornika). Z kolei producenci nowoczesnych opryskiwaczy, szczególnie wykorzystujących pomocniczy strumień powietrza (PSP), podają często spodziewane korzyści związane z oszczędnością zużycia dawek cieczy roboczej i ś.o.r. oraz czasu potrzebnego na wykonanie zabiegów ochronnych. Opryskiwacze z PSP z reguły zużywają o 50% mniej wody i są w stanie opryskać w krótszym czasie dużo większą powierzchnię niż tradycyjne.

Tabela 20. Dobór rozpylaczy i dawki cieczy użytkowej do polowych zabiegów ochrony roślin w gorczycy z użyciem konwencjonalnych opryskiwaczy polowych i wykorzystujących technikę PSP (Pomocniczy Strumień Powietrza)

Typy rozpylaczy / Wyszczególnienie	Rozpylacze szczelinowe (płaskostrumieniowe)						Dawka cieczy [l/ha]	
	standardowe/uniwersalne			niskoznoszeniowe		eżektorowe	technika konwencjonalna	technika PSP
Wielkość kropel (rodzaj opryskiwania)	drobne	średnie	grube	średnie	grube	grube/ bardzo grube		
Kontrola znoszenia	(*)	(**)	(**)	(**)	(***)	(****)		
HERBICYDY								
Doglebowe	(–)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	200–300	75–150
Nalistne	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(+)	100–250	50–100
Desykacja	(–)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)	150–300	50–125
Regulatory wzrostu i rozwoju roślin	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	(+)	150–250	75–125
FUNGICYDY								
Wczesne fazy rozwojowe – do końca fazy wydłużania pędu głównego	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(+)	150–250	50–100
Zwarte łany	(++)	(+)	(+)	(++)	(++)	(++)	200–300	75–150
INSEKTYCYDY								
Wczesne fazy rozwojowe – do końca fazy wydłużania pędu głównego	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(+)	100–200	50–100
Zwarte łany	(++)	(+)	(+)	(++)	(++)	(+)	150–250	75–125
NAWOZY PŁYNNE								
Dolistne dokarmianie	(–)	(+)	(++)	(++)	(++)	(+)	250–350	75–150
Mieszaniny ś.o.r i nawozów	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	(+)	200–300	75–125

Przydatność: (++) – bardzo dobra, (+) – dobra, (–) – niezalecany/mało przydatny. Kontrola znoszenia: (*) – słaba/brak, (**) – dobra, (***) – bardzo dobra, (****) – doskonała

Podstawową zasadą efektywnej ochrony roślin jest stosowanie możliwie niskich dawek cieczy użytkowej, a także minimalnych zalecanych dawek środków ochrony roślin tak, aby zabieg ochronny odznaczał się wysoką skutecznością i bezpieczeństwem dla ludzi i środowiska (Kierzek i wsp. 2012). Środki stosowane nalistnie wymagają dobrego naniesienia i pokrycia opryskiwanych powierzchni i stąd nie jest konieczne stosowanie większych dawek cieczy użytkowej, ale wskazane jest precyzyjne nanoszenie rozpylanej cieczy na poszczególne części roślin. Użycie nadmiernych ilości cieczy, powyżej granicy retencji (zdolność roślin do zatrzymywania cieczy), prowadzi do znacznych strat cieczy, co w konsekwencji powoduje większe skażenie środowiska glebowego.

Do nalistnego zwalczania chwastów z użyciem standardowej techniki opryskiwania najczęściej stosuje się dawkę około 200 l/ha. Wykorzystując do zabiegu np. opryskiwacze z PSP, dawkę cieczy można zmniejszyć poniżej 100 l/ha, zachowując przy tym pełną skuteczność zabiegu. W zabiegach doglebowych zaleca się wyższe dawki cieczy użytkowej.

Rośliny tworzące zwarty i wysoki łan stanowią trudny do penetracji obszar i dlatego należy je opryskiwać wyższymi dawkami cieczy. Sytuacja taka dotyczy głównie środków o działaniu kontaktowym (fungicydy i insektycydy), szczególnie w przypadku tych chorób lub szkodników, których skuteczne zwalczanie wymaga głębokiej penetracji roślin. Podczas zwalczania chorób i szkodników występujących w górnych partiach roślin oraz przy sprzyjających warunkach pogodowych (wiatr do 4 m/s, temperatura 15–25°C, wilgotność powietrza powyżej 50%) możliwe jest stosowanie rozpylaczy drobno- lub średniokroplistych oraz mniejszych ilości cieczy użytkowej, bliższych dolnym zalecanym dawkom. Większe dawki cieczy należy stosować, gdy zabieg wykonywany jest rozpylaczami grubokroplistymi, wilgotność powierza i gleby jest niska, prędkość wiatru jest bliska 4 m/s, a rośliny stanowią bardzo zwarty i gęsty łan.

W zabiegach dolistnego dokarmiania oraz łącznego stosowania kilku środków chemicznych (np. fungicyd + insektycyd, insektycyd + fungicyd + nawóz dolistny) zaleca się stosowanie zwiększonych dawek cieczy użytkowej (tab. 20). Dysponując odpowiednią aparaturą zabiegową (np. opryskiwacze z PSP), dawkę cieczy można zmniejszyć nawet poniżej 100 l/ha, a pokrycie roślin nadal będzie wystarczające.

Regulacja opryskiwacza

Wykonanie kalibracji opryskiwacza (czyli ustalenie parametrów roboczych opryskiwacza w procesie regulacji) jest warunkiem niezbędnym do ustalenia właściwego dawkowania środka ochrony roślin na chronioną powierzchnię plantacji. Zgodnie z dobrą praktyką ochrony roślin, podczas regulacji opryskiwacza ustala się typ i wymiar rozpylaczy oraz ciśnienie robocze, które zapewniają realizację założonej dawki cieczy na hektar dla wyznaczonej prędkości roboczej opryskiwa-

cza. Przedawkowanie lub zastosowanie zmniejszonej dawki to czynności nieodwracalne ze wszystkimi konsekwencjami. Nieprecyzyjna regulacja opryskiwacza lub jej zaniechanie to bardzo częste przyczyny uszkodzenia roślin, obserwowane szczególnie wyraźnie po zastosowaniu niektórych herbicydów.

Regulację parametrów roboczych opryskiwacza należy wykonać zawsze, gdy dokonuje się zmiany rodzaju środka chemicznego (np. z herbicydu na fungicyd), dawki cieczy użytkowej, a także nastawienia parametrów roboczych (ciśnienie robocze, wysokość belki polowej). Ponadto procedurę regulacji opryskiwacza powinno się wykonać na początku sezonu oraz każdorazowo przy wymianie ważnych urządzeń i podzespołów opryskiwacza (rozpylacze, manometr, urządzenie sterujące, naprawa instalacji cieczowej), a także przy zmianie ciągnika lub opon w kołach napędowych. Regularnie należy kontrolować wydatek z rozpylaczy, przy ustalonym ciśnieniu roboczym. Częstotliwość takich sprawdzeń należy warunkować intensywnością użycia opryskiwacza w sezonie wegetacyjnym, a także w sytuacjach koniecznych (np. awaria układu sterowania i kontroli wydatkowania cieczy) lub po wymianie rozpylaczy.

W trakcie regulacji należy zwrócić uwagę, aby wszystkie rozpylacze zamontowane na belce polowej były tego samego typu i wymiaru. Przy wymianie rozpylaczy należy używać zawsze tego samego numeru i koloru, co zapewni ponownie poprawne dawkowanie cieczy na hektar.

Przed rozpoczęciem zabiegu istotne jest dokładne wymieszanie cieczy w zbiorniku przez intensywną pracę mieszadła. Zabieg opryskiwania należy wykonywać przy stałej, ustalonej w czasie kalibracji prędkości roboczej, zachowując właściwe obroty silnika. Jednocześnie należy kontrolować wcześniej ustawione ciśnienie robocze w opryskiwaczu.

Warunki wykonywania zabiegów

Środki ochrony roślin należy stosować w taki sposób, aby nie stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska, w tym przeciwdziałać zniesieniu środków ochrony roślin na obszary i obiekty niebędące celem zabiegu (Ustawa o środkach ochrony roślin z dnia 8 marca 2013 r., art. 35).

Skuteczność i bezpieczeństwo zabiegów ochronnych w dużym stopniu uwarunkowane są przebiegiem warunków atmosferycznych (Kierzek i wsp. 2010). Duży wpływ na efektywność stosowanych środków ochrony roślin mają temperatura i wilgotność powietrza. Opryskiwanie należy wykonywać przy niewielkim wietrze i bezdeszczowej pogodzie oraz umiarkowanej temperaturze i małym nasłonecznieniu. Zabieg wykonywany w niesprzyjających warunkach pogodowych (wysoka temperatura i niska wilgotność powietrza) może być przyczyną uszkodzeń innych roślin w wyniku znoszenia cieczy użytkowej na obszary nieobjęte zabiegiem, a także może powodować niezamierzone zatrucia wielu pożytecznych gatunków entomofauny będących często naturalnymi wrogami zwalczanych szkodników.

Zalecane temperatury powietrza podczas zabiegów są warunkowane rodzajem i mechanizmem działania aplikowanego środka ochrony roślin i takie dane zawarte są w tekstach etykiet. W przypadku większości preparatów optymalna skuteczność ich działania osiągana jest w temperaturze 12–20°C (tab. 21). Szczególnie wrażliwe na podwyższoną temperaturę czy niską wilgotność powietrza są insektycydy, a wśród nich środki z grupy perytroidów. Wykonywanie zabiegu przy umiarkowanej temperaturze i niewielkim nasłonecznieniu w dużym stopniu ogranicza parowanie zastosowanego środka ochrony roślin, minimalizując ryzyko ewentualnych zatruć, które mogą wystąpić podczas jego wdychania. Zabiegi najlepiej wykonywać rano lub wieczorem z uwagi na mniejszy wiatr i mniejsze nasłonecznienie, względnie – gdy sprzęt jest do tego przystosowany – w godzinach nocnych. W czasie opryskiwania temperatura powietrza nie powinna przekraczać 22–25°C, natomiast temperatura cieczy użytkowej nie powinna być niższa od 5–8°C. Względna wilgotność powietrza powinna przekraczać 60%.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi we wszystkich zabiegach ochrony roślin dopuszcza się wykonywanie opryskiwania przy prędkości wiatru nieprzekraczającej 4 m/s. Niewielki wiatr, o prędkości od 1 do 2 m/s, jest korzystny również ze względu na zawirowania i lepsze przemieszczanie się rozpylanej cieczy wśród opryskiwanych roślin. Podczas wykonywania zabiegu na granicy pola sąsiadującego z innymi uprawami należy uwzględnić kierunek wiatru i w razie konieczności ograniczyć szerokość roboczą ostatniego przejazdu lub zastosować rozpylacze o tym samym wydatku jednostkowym (w l/min), lecz wytwarzające grubsze krople (antyznoszeniowe względnie eżektorowe), ewentualnie rozpylacze krańcowe.

Opryskiwanie drobnokropliste można prowadzić tylko podczas niewielkich ruchów powietrza, aby w ten sposób maksymalnie ograniczyć znoszenia preparatu poza granice opryskiwanej plantacji. Wykonywanie zabiegów przy niekorzystnych warunkach atmosferycznych (np. w czasie wietrznej pogody), gdy zabiegu

Tabela 21. Graniczne i optymalne warunki meteorologiczne do wykonywania zabiegów ochrony roślin

Parametr	Wartości graniczne (skrajne)	Wartości optymalne (najkorzystniejsze)
Temperatura	1–25°C podczas zabiegu	12–20°C podczas zabiegu
	do 25°C w dzień po zabiegu	20°C w dzień po zabiegu
	nie mniej niż 1°C następnej nocy	nie mniej niż 1°C następnej nocy
Wilgotność powietrza	50–95%	75–95%
Opady	poniżej 0,1 mm podczas zabiegu	bez opadów
	poniżej 2,0 mm w ciągu 3–6 godzin po zabiegu	–
Prędkość wiatru	0,0–4,0 m/s	0,5–1,5 m/s

nie można przesunąć w czasie, zalecane jest stosowanie rozpylaczy niskoznoszeniowych lub ežektorowych, wytwarzających krople grube lub bardzo grube. Nie dotyczy to opryskiwaczy wyposażonych w pomocniczy strumień powietrza (PSP), który ułatwia penetrację cieczy użytkowej w gęstym łanie i dzięki temu możliwe jest stosowanie drobnych kropel, zapewniające bardzo dobre pokrycie opryskiwanych powierzchni roślin (Hołownicki i wsp. 2012).

Podczas opryskiwania upraw polowych prędkość robocza powinna mieścić się w zakresie 5–10 km/h, a przy użyciu opryskiwaczy wyposażonych w belkę z PSP (pomocniczy strumień powietrza) – 8–15 km/h. Mniejsze prędkości robocze (4–6 km/h) zaleca się podczas opryskiwania upraw zwartych i wyrośniętych oraz przy nierównej powierzchni pola będącej przyczyną dużych wahań belki polowej.

Nie należy wykonywać zabiegów opryskiwania bezpośrednio przed deszczem i bezpośrednio po nim, gdy rośliny są mokre, oraz podczas opadania mgły i na rośliny pokryte rosą. Wyjątek mogą stanowić zabiegi doglebowe. W pozostałych przypadkach należy odczekać parę godzin, do momentu obeschnięcia roślin. Skuteczność działania środków ochrony roślin w różnym stopniu zależy od opadów deszczu. W zależności od preparatu (substancja czynna, forma użytkowa) i dodatków substancji powierzchniowo-czynnych (np. adiuwantów) opad deszczu (powyżej 2 mm) może wyraźnie zmniejszyć skuteczność środka ochrony roślin, jeśli występuje średnio do 3–6 godz. po zabiegu.

Na plantacjach miododajnych i sąsiadujących z nimi należy zwrócić szczególną uwagę na ochronę pszczoły miodnej i innych gatunków zapylaczy. Informacje odnośnie oddziaływania wybranego środka ochrony roślin na pszczoły można znaleźć w etykiecie preparatu. W miarę możliwości należy wybierać do zabiegu środki o niskiej toksyczności dla pszczół, a ponadto:

- przed wykonaniem zabiegu należy sprawdzić, czy plantacja jest odwiedzana przez pszczoły np. z powodu obecności na polu kwitnących chwastów lub występowania na roślinach spadzi jako efektu związanego z występowaniem mszyc;
- środki chemiczne należy stosować w godzinach wieczornych, po zakończeniu oblotu pszczół, co umożliwi wyschnięcie kropel cieczy użytkowej przed kolejnym nalotem pszczół;
- jeżeli istnieje potrzeba wykonywania zabiegów w ciągu dnia, należy wybierać godziny wczesnoporanne oraz dni chłodniejsze i pochmurne;
- nie należy dopuścić do znoszenia cieczy użytkowej w miejsca, gdzie mogą przebywać pszczoły i inne owady pożyteczne (zadrzewienia śródpolne, miedze, rowy przydrożne).

Posiadacz gruntów lub obiektów, w których są wykonywane zabiegi z zastosowaniem środków ochrony roślin przez użytkownika profesjonalnego, jest

zobowiązany do przechowywania przez 3 lata dokumentacji dotyczącej środków ochrony roślin stosowanych na tych gruntach lub w tych obiektach.

3. Postępowanie po wykonaniu zabiegu opryskiwania

Podstawową zasadą dobrej praktyki jest zminimalizowanie pozostałości po wykonaniu zabiegów z użyciem środków ochrony roślin. Po zabiegu zawsze pozostaje problem pozostałości resztek cieczy użytkowej w opryskiwaczu, pozostałości ciekłych ze stanowiska po napełnianiu i myciu opryskiwacza.

Opryskiwacze stosowane do ochrony roślin narażone są na działanie bardzo wielu środków chemicznych. Dlatego nigdy nie wolno pozostawiać nieumytego opryskiwacza czy aparatu z niewykorzystaną cieczą użytkową. Pozostałości środków chemicznych ulegają rozwarstwieniu, tworzą trudne do usunięcia osady w różnych punktach układu przewodzenia cieczy.

Mycie opryskiwacza jest absolutnie konieczne, gdy kolejny zabieg będzie wykonywany na innej uprawie, a zastosowany środek (np. herbicyd, regulator wzrostu) stwarza ryzyko uszkodzenia roślin w kolejnym zabiegu. Szczególnie w uprawie gorczycy w wyniku niedokładnego umycia opryskiwacza z resztek środków ochrony roślin może dojść do zahamowania wzrostu lub poważnych uszkodzeń roślin. Taka sytuacja może wystąpić po zabiegu z użyciem herbicydów np. w zbożach i niedokładnym umyciu opryskiwacza, który następnie często wykorzystuje się do opryskiwania roślin rzepaku fungicydami lub insektycydami.

Po zakończeniu każdego cyklu zabiegów (w danym dniu stosowanie tych samych środków ochrony roślin) usunięcie resztek cieczy użytkowej z opryskiwacza można dokonać przez wypryskanie cieczy użytkowej na polu albo spuszczenie pozostałej cieczy do specjalnych naczyń lub zbiorników. Niedopuszczalne jest wylewanie pozostałej po zabiegu cieczy na glebę lub do systemu ściekowo-kanalizacyjnego, a także wylewanie w jakimkolwiek innym miejscu uniemożliwiającym jej zebranie lub stwarzającym ryzyko skażenia gleby i wody. Opryskiwacz należy dokładnie umyć w miejscu do tego przeznaczonym.

Czynności związane z myciem, płukaniem zbiornika i instalacji cieczowej opryskiwacza należy wykonywać w bezpiecznej odległości – nie mniejszej niż 30 m – od studni, zbiorników i cieków wodnych, studzienek kanalizacyjnych oraz obszarów wrażliwych na skażenie.

Wszystkie czynności związane z myciem wewnętrznym aparatury zabiegowej można wykonywać na polu lub plantacji, gdzie wykonany był zabieg lub na własnym nieużytkowanym rolniczo terenie, z dala od ujęć wody pitnej i studzie-

nek kanalizacyjnych. Mycia opryskiwacza nie wolno przeprowadzać kilkakrotnie w tym samym miejscu, by nie spowodować skażenia miejscowego gleby.

Procedura płukania zbiornika i instalacji cieczowej

- do płukania używać najmniejszą konieczną ilość wody (2–10% objętości zbiornika lub ilość do 10-krotnego rozcieńczenia pozostałej w zbiorniku cieczy) – zalecane jest trzykrotne płukanie instalacji cieczowej małą porcją wody,
- włączyć pompę i przy zamkniętym dopływie do rozpylaczy przepłukać w czasie 2–4 min wszystkie używane podczas zabiegu elementy układu cieczowego,
- popłuczyny wypryskać z większą prędkością roboczą i przy mniejszym ciśnieniu roboczym na powierzchnię uprzednio opryskiwaną (najlepiej czynność taką powtórzyć trzykrotnie) lub, jeśli nie jest to możliwe, wykorzystać resztki zgodnie z zaleceniami dotyczącymi zagospodarowania pozostałości płynnych,
- zdemontować wkłady filtrów, oczyścić je i zamontować ponownie na swoje miejsce.

Resztki pozostałej, spuszczonej z opryskiwacza cieczy należy unieszkodliwić, korzystając z urządzeń technicznych zapewniających biologiczną biodegradację substancji czynnych ś.o.r. Do czasu neutralizacji lub utylizacji płynne pozostałości można przechowywać w przeznaczonym do tego celu szczelnym, oznakowanym i zabezpieczonym zbiorniku.

Do mycia wewnętrznego aparatury zabiegowej najlepiej wykorzystać specjalnie przystosowane do tego celu stanowiska, zabezpieczające neutralizację pozostałości ś.o.r. w cieczy pozostającej po myciu opryskiwaczy w systemach bioremediacji (np. Biobed, Phytobac, Biofilter, Biomassbed, Vertibac), czy też urządzenia oparte na odparowaniu wody w systemach dehydratacji (np. Heliosem czy Osmofilm) (Doruchowski i wsp. 2011). Na stanowisku typu Biobed można usunąć resztki cieczy użytkowej oraz nagromadzony osad z dna zbiornika i filtrów, odkręcając zawór spustowy zbiornika, a także demontując filtry i rozpylacze (Doruchowski i Hołownicki 2009). Po przepłukaniu zbiornika i elementów filtrów należy zamknąć zawór spustowy i częściowo napełnić zbiornik wodą. Po uruchomieniu pompy uzyskuje się możliwość przepłukania całego układu przewodzenia cieczy, otwierając kolejno dopływ do poszczególnych sekcji belki polowej ze zdemontowanymi rozpylaczami. Po wykonaniu tej czynności montuje się wyczyszczone rozpylacze i przez ponowne uruchomienie pompy sprawdza się szczelność całego układu cieczowego.

Do dokładniejszego umycia opryskiwaczy można stosować dodatek preparatów neutralizujących resztki środków ochrony roślin i nawozów w zbiorniku oraz instalacji przewodzącej ciecz użytkową. Ma to szczególne znaczenie po stosowaniu środków chwastobójczych (np. sufolnylomoczniki, fenoksykwasy). Do tego celu zalecane są specjalne środki do mycia opryskiwaczy (np. Bielinka, Bielmax,

Chlorynka, Czysty opryskiwacz, Agroclean, Clean-up, Radix, Pest-out). Środki te należy stosować zgodnie z etykietą-instrukcją stosowania, dodając je do wody w zbiorniku opryskiwacza już wstępnie umytego czystą wodą. Część wymienionych preparatów do mycia opryskiwaczy oparta jest na związkach chloru (Radix, Chlorynka), a niektóre, jak Agroclean, Pest-Aut czy Czysty opryskiwacz – na związkach fosforu, które oprócz właściwości myjących i neutralizujących zapewniają także pewną konserwację elementów metalowych opryskiwacza.

Resztki środków ochrony roślin osiadające na opryskiwaczu w trakcie zabiegu należy skutecznie zmyć, aby zabezpieczyć przed korozją i zużyciem sprzętu oraz ograniczyć zagrożenie dla środowiska i ludzi obsługujących aparaturę zabiegową (Godyń i Doruchowski 2009). Pozostawione na powierzchni resztki środków ochrony roślin i nawozów działają niekorzystnie na materiały, z których zbudowany jest opryskiwacz. **Po zakończonym dniu pracy należy umyć wodą całą aparaturę z zewnątrz, a także podzespoły mające kontakt ze środkami chemicznymi. Do mycia zewnętrznego opryskiwacza należy stosować najmniejszą konieczną ilość wody, najlepiej z użyciem lancy wysokociśnieniowej zamiast szczotki, aby skrócić czas i zwiększyć skuteczność mycia**. Nowoczesne opryskiwacze wyposażane są w specjalistyczne zestawy do mycia zewnętrznego, składające się ze szczotki lub lancy/pistoletu ciśnieniowego oraz zwijacza węża. Innym przydatnym urządzeniem do tego celu są myjki wysokociśnieniowe używane do mycia samochodów i innych maszyn rolniczych (ciśnienie robocze w zakresie 60–120 bar). Z uwagi na możliwość przedostawania się resztek środków ochrony roślin do wód powierzchniowych wszystkie czynności związane z myciem opryskiwacza należy wykonywać na terenie nieużytkowanym rolniczo, z dala od ujęć wody pitnej, studzienek kanalizacyjnych i miejsc, na których mogą przebywać ludzie i zwierzęta. Zewnętrzne mycie opryskiwacza najlepiej przeprowadzać w miejscu umożliwiającym skierowanie popłuczyn do zamkniętego systemu zbierania skażonych pozostałości lub do systemu neutralizacji/bioremediacji (np. stanowisko Biobed, Phytobac, Vertibac). W przypadku braku specjalistycznych stanowisk mycie zewnętrzne opryskiwacza można wykonać na polu, na biologicznie aktywnej powierzchni (np. na terenie zadarnionym), cechującej się ograniczonym przesiąkaniem i dobrymi właściwościami biodegradacji zanieczyszczonej wody. Do mycia warto stosować dodatek zalecanych i ulegających szybkiej biodegradacji środków wspomagających efektywność mycia.

Po wyschnięciu maszyny należy przeprowadzić konserwację opryskiwacza (np. przesmarowanie wskazanych elementów) zgodnie z instrukcją obsługi sprzętu. Wszelkie naprawy należy wykonywać na bieżąco, niezwłocznie po stwierdzeniu usterki lub awarii. Gruntowne zabiegi konserwacyjne trzeba wykonać przed długotrwałym przechowywaniem opryskiwacza, po zakończeniu sezonu. Nieużytkowany i umyty opryskiwacz musi być tak przechowywany, aby nie stwarzał zagrożenia dla ludzi, zwierząt i środowiska.

XIII. ZASADY PROWADZENIA DOKUMENTACJI W INTEGROWANEJ OCHRONIE ROŚLIN ORAZ LISTY KONTROLNE W INTEGROWANEJ PRODUKCJI

1. Dokumentacja w integrowanej ochronie roślin

Obowiązek prowadzenia dokumentacji dotyczącej stosowania środków ochrony roślin przez użytkowników profesjonalnych wynika z art. 67 rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczącej wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylającej przepisy dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 1). Użytkownik profesjonalny jest zobligowany do prowadzenia i przechowywania przez 3 lata dokumentacji dotyczącej wykonanych zabiegów. Prowadzona dokumentacja musi zawierać obligatoryjnie takie elementy jak: nazwa środka ochrony roślin, czas zastosowania i zastosowaną dawkę, obszar (lub powierzchnię lub jednostkę masy ziarna) i uprawy (lub obiekty), na których zastosowano środek ochrony roślin. Dodatkowo ustawa o środkach ochrony roślin w art. 35 obliguje rolnika do wskazania w prowadzonej dokumentacji sposobu realizacji wymagań integrowanej ochrony roślin przez podanie co najmniej przyczyny wykonania zabiegu środkiem ochrony roślin. Stosujący środki ochrony roślin może w dokumentacji odnotowywać również inne działania i spostrzeżenia związane z prowadzoną produkcją rolniczą, np. informacje o warunkach pogodowych podczas wykonywanego zabiegu oraz godziny aplikacji. Po wykonaniu zabiegu w tabeli można podać informacje dotyczące jego skuteczności.

Dokumentację można prowadzić według poniższego schematu (tab. 22).

Prowadzona starannie dokumentacja jest cennym źródłem informacji o zużyciu środków ochrony roślin i prawidłowości ich stosowania. Ewidencja zabiegów ma także duże znaczenie w przypadku wykonywania zabiegów, w trakcie których mogło dojść do wystąpienia m.in. zatrucia osób lub pszczół czy uszkodzenia sąsiednich upraw na skutek zniesienia cieczy. Dokumentacja taka w produkcji rolniczej może być również pomocna przy wyborze roślin następczych w płodozmianie.

Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa w ramach prowadzonych kontroli stosowania środków ochrony roślin weryfikuje również u profesjo-

nalnych użytkowników stosowanie zasad integrowanej ochrony roślin z wykorzystaniem listy kontrolnej (tab. 23).

Stosowanie środków ochrony roślin z uwzględnieniem realizacji zasad integrowanej ochrony roślin wiąże się z wypełnieniem podstawowych wymogów

Tabela 22. Przykładowa tabela do prowadzenia dokumentacji zabiegów środkami ochrony roślin

Lp.	Termin wykonania zabiegu	Nazwa uprawianej rośliny (odmiana)	Powierzchnia uprawy w gospodarstwie [ha]	Wielkość powierzchni, na której wykonano zabieg [ha]	Numer pola	Zastosowany środek ochrony roślin			Przyczyna zastosowania środka ochrony roślin z podaniem nazwy choroby, szkodnika lub chwastu	Uwagi		
						nazwa handlowa	nazwa substancji czynnej	dawka [l/ha], [kg/ha] lub stężenie [%]		faza rozwojowa uprawianej rośliny	warunki pogodowe podczas zabiegu	skuteczność zabiegu
1.												
2.												
3.												

Tabela 23. Lista kontrolna stosowania zasad integrowanej ochrony roślin

I. Działania w celu zapobiegania lub ograniczenia występowania organizmów szkodliwych	TAK/NIE	Nie dotyczy	Uwagi
Płodozmian, termin siewu lub sadzenia	❑/❑	❑	
Agrotechnika uprawy	❑/❑	❑	
Stosowanie odmian odpornych/tolerancyjnych oraz materiału siewnego wytworzonego i poddanego ocenie zgodnie z przepisami o nasiennictwie	❑/❑	❑	
Biologiczne i mechaniczne zwalczanie organizmów szkodliwych	❑/❑	❑	
Zrównoważone nawożenie, nawadnianie i wapnowanie	❑/❑	❑	
Stosowanie środków higieny (np. czyszczenie i dezynfekcja maszyn, sprzętu, powierzchni magazynowych, monitorowanie stanu ziemiopłodów przed ich zmagazynowaniem itp.)	❑/❑	❑	
Inne, wskazać jakie	❑/❑	❑	

Tabela 23. Cd.

II. Korzystanie z narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji o zwalczaniu organizmów szkodliwych			
Monitorowanie organizmów szkodliwych	❑/❑	❑	
Progi ekonomicznej szkodliwości	❑/❑	❑	
Opracowania naukowe, dane meteorologiczne	❑/❑	❑	
Korzystanie z usług doradczych w integrowanej ochronie roślin	❑/❑	❑	
III. Podejmowanie działań wcelu minimalizowania zagrożeń związanych ze stosowaniem środków ochrony roślin			
Stosowanie selektywnych środków ochrony roślin	❑/❑	❑	
Ograniczenie liczby zabiegów	❑/❑	❑	
Redukowanie dawek	❑/❑	❑	
Przemienne stosowanie środków ochrony roślin	❑/❑	❑	
Czy w ocenie profesjonalnego użytkownika stosowane działania i metody integrowanej ochrony roślin są efektywne?	❑/❑	❑	

prawnych dotyczących posiadanej dokumentacji, środków ochrony roślin oraz prawidłowości wykonywania zabiegów chemicznej ochrony roślin. Poniżej zamieszczone punkty umożliwią osobie stosującej środki ochrony roślin zweryfikować spełnienie tych wymogów (tab. 24).

Tabela 24. Obligatoryjne wymagania dla profesjonalnego użytkownika środków ochrony roślin

Punkty kontrolne	**Spełnienie wymogów (TAK/NIE)**	**Opis, w jaki sposób wymaganie zostało spełnione**
Posiadanie przez osobę stosującą środki ochrony roślin, aktualnego, na czas wykonywania zabiegów, zaświadczenia o ukończeniu szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin (przy fumigowaniu w zakresie stosowania środków ochrony roślin metodą fumigacji) lub doradztwa dotyczącego środków ochrony roślin, lub integrowanej produkcji roślin, lub innego dokumentu potwierdzającego uprawnienia do stosowania środków ochrony roślin (lub uprawnień wynikających ze zwolnień w ramach ustawy o środkach ochrony roślin).	❑/❑	

Tabela 24. Obligatoryjne wymagania dla profesjonalnego użytkownika środków ochrony roślin – cd.

Posiadanie dowodów zakupu fabrycznie nowego sprzętu albo aktualnego protokołu badania technicznego potwierdzającego sprawność techniczną sprzętu przeznaczonego do stosowania środków ochrony roślin oraz oznaczenia znakiem kontrolnym lub posługiwanie się sprzętem wyłączonym z obowiązku badań.	❑/❑	
Posiadanie i prawidłowe prowadzenie dokumentacji dotyczącej stosowanych środków ochrony roślin.	❑/❑	
Stosowanie środków ochrony roślin zgodnie z etykietą.	❑/❑	
Stosowanie środków ochrony roślin z uwzględnieniem zasad integrowanej ochrony roślin.	❑/❑	
Przechowywanie środków ochrony roślin wyłącznie w oryginalnych opakowaniach.	❑/❑	
Przechowywanie środków ochrony roślin w miejscach do tego przeznaczonych, zgodnie z wymaganiami prawa.	❑/❑	
Używanie wyłącznie środków ochrony roślin wpisanych do rejestru środków dopuszczonych do obrotu zezwoleniem/ pozwoleniem ministra właściwego do spraw rolnictwa.	❑/❑	
Używanie nieprzeterminowanych środków ochrony roślin.	❑/❑	
Prawidłowe postępowanie z opakowaniami jednostkowymi po środkach ochrony roślin.	❑/❑	
Przestrzeganie okresów po zastosowaniu środka ochrony roślin, w których ludzie oraz zwierzęta gospodarskie nie powinny przebywać na obszarze objętym zabiegami.	❑/❑	

2. Dokumentacja w integrowanej produkcji roślin

W przypadku, gdy producent ubiega się o certyfikat integrowanej produkcji roślin, to zobowiązany jest do dokumentowania prowadzonych działań związanych z produkcją roślin w notatniku integrowanej produkcji roślin. Wzór notatnika IP Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi określił w rozporządzeniu z dnia 24 czerwca 2013 r. w sprawie dokumentowania działań związanych z integrowaną produkcją roślin (Dz.U. poz. 788). Prawidłowo i na bieżąco prowadzony notatnik IP stanowi jeden z niezbędnych elementów wymaganych przez podmioty certyfikujące do wydania certyfikatu integrowanej produkcji roślin.

Do notatnika integrowanej produkcji roślin producent ubiegający się o certyfikat IP zobowiązany jest wpisać informacje dotyczące prowadzonej uprawy oraz pól wraz z planem sytuacyjnym. Wpisywane w części początkowej notatnika informacje powinny uwzględniać ogólne dane dotyczące prowadzonego go-

spodarstwa, posiadanego sprzętu do stosowania środków ochrony roślin oraz ich operatorów, płodozmianu, materiału siewnego lub nasion przeznaczonych do siewu wraz z informacją dotyczącą wysiewu. Następną częścią notatnika jest dział dotyczący analiz gleby i roślin oraz nawożenia. W tym dziale należy odnotować informacje dotyczące przeprowadzonych analiz nawozowych ze szczególnym uwzględnieniem wskazanych w metodykach IP. Analizy są podstawową czynnością mającą wpływ na prawidłowe ustalenie potrzeb nawozowych roślin, w związku z tym ta czynność powinna być obowiązkowo wykonana i odnotowana w notatniku. W tabelach dotyczących nawożenia producent notuje wszystkie zastosowane nawozy organiczne, mineralne oraz wapnowanie z uwzględnieniem rodzaju nawozu wraz z dawką i miejscem jego stosowania. W przypadku integrowanej produkcji nawożenie dolistne powinno być skorelowane z obserwacjami zaburzeń fizjologicznych. Producent jest zobowiązany do prowadzenia systematycznych lustracji plantacji pod kątem występowania chorób fizjologicznych i powinien każdorazowo ten fakt odnotować.

Podstawowym elementem notatnika IP jest tabela „Obserwacje kontrolne i rejestr zabiegów biologicznej i chemicznej ochrony roślin". Producent zobowiązany jest do prowadzenia systematycznych lustracji i każdorazowego odnotowania tego faktu w części tabeli dotyczącej obserwacji zdrowotności roślin. W przypadku stwierdzenia nasilenia występowania agrofagów ponad poziom określony w metodyce i wykonania zabiegu ochrony roślin należy ten fakt skrupulatnie odnotować. Obowiązkowo należy ewidencjonować użyte herbicydy i inne środki chemiczne. W notatniku IP znajduje się również miejsce do odnotowywania agrotechnicznych zabiegów uprawowych oraz niechemicznych metod zapobiegania występowaniu chwastów, a także ich zwalczania. W części końcowej notatnika IP producent odnotowuje informacje dotyczące zbiorów, spełnienia wymagań higieniczno-sanitarnych oraz wymagań z zakresu ochrony roślin przed organizmami szkodliwymi.

Prowadzenie notatnika zwalnia producenta z obowiązku prowadzenia dodatkowej dokumentacji zabiegów dla zgłoszonej uprawy, ponieważ wszystkie wymogi w tym zakresie, określone rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. i ustawą o ośrodkach ochrony roślin są spełnione. W takim przypadku producent obowiązany jest przechowywać notatnik przez okres 3 lat (tab. 25–27).

Tabela 25. Lista Kontrolna Integrowanej Produkcji dla upraw rolniczych – wymagania podstawowe

Wymagania podstawowe (zgodność 100%, tj. 28 punktów)			
Lp.	**Punkty kontrolne**	**TAK/NIE**	**Komentarz**
1.	Czy producent prowadzi produkcję i ochronę roślin według szczegółowych metodyk zatwierdzonych przez Głównego Inspektora?	❑/❑	
2.	Czy producent posiada aktualne szkolenie IP potwierdzone zaświadczeniem z zastrzeżeniem art. 64 ust. 4, 5, 7 i 8 ustawy o środkach ochrony roślin?	❑/❑	
3.	Czy w gospodarstwie znajdują się i są przechowywane wszystkie wymagane dokumenty (np. metodyki, notatniki)?	❑/❑	
4.	Czy Notatnik IP jest prowadzony prawidłowo i na bieżąco?	❑/❑	
5.	Czy producent stosuje nawożenie na podstawie faktycznego zapotrzebowania roślin na składniki pokarmowe, określone w szczególności na podstawie analiz gleby lub roślin?	❑/❑	
6.	Czy producent systematycznie dokonuje obserwacji kontrolnych upraw i odnotowuje je w notatniku?	❑/❑	
7.	Czy producent postępuje z pustymi opakowaniami po środkach ochrony roślin i środkami przeterminowanymi zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa?	❑/❑	
8.	Czy ochrona chemiczna roślin jest zastępowana metodami alternatywnymi wszędzie tam gdzie jest to uzasadnione?	❑/❑	
9.	Czy ochrona chemiczna roślin jest prowadzona w oparciu o progi ekonomicznej szkodliwości i sygnalizację organizmów szkodliwych (tam gdzie to jest możliwe)?	❑/❑	
10.	Czy zabiegi środkami ochrony roślin są wykonywane wyłącznie przez osoby posiadające aktualne, na czas wykonywania zabiegów, zaświadczenie o ukończeniu szkolenia w zakresie stosowania środków ochrony roślin lub doradztwa dotyczącego środków ochrony roślin, lub integrowanej produkcji roślin, lub innego dokumentu potwierdzającego uprawnienia do stosowania środków ochrony roślin?	❑/❑	
11.	Czy aplikowane środki ochrony roślin są dopuszczone do stosowania w danej uprawie – roślinie?	❑/❑	

Tabela 25. Cd.

Lp.	Punkty kontrolne	TAK/NIE	Komentarz
12.	Czy każde zastosowanie środków ochrony roślin jest zanotowane w Notatniku IP z uwzględnieniem powodu stosowania, daty i miejsca stosowania oraz powierzchni uprawy, dawki i ilości cieczy użytkowej na jednostkę powierzchni?	❑/❑	
13.	Czy zabiegi ochrony roślin były przeprowadzane w odpowiednich warunkach (optymalna temperatura, wiatr poniżej 4 m/s)?	❑/❑	
14.	Czy przestrzega się rotacji substancji czynnych środków ochrony roślin wykorzystywanych do wykonywania zabiegów – jeżeli jest to możliwe?	❑/❑	
15.	Czy producent ogranicza liczbę zabiegów i ilość stosowanych środków ochrony roślin do niezbędnego minimum?	❑/❑	
16.	Czy producent posiada urządzenia pomiarowe pozwalające dokładnie określić ilość odmierzanego środka ochrony roślin?	❑/❑	
17.	Czy warunki bezpiecznego stosowania środków określone w etykietach są przestrzegane?	❑/❑	
18.	Czy producent przestrzega zapisów etykiety dotyczących zachowania środków ostrożności związanych z ochroną środowiska naturalnego, tj. np. zachowania stref ochronnych i bezpiecznych odległości od terenów nieużytkowanych rolniczo?	❑/❑	
19.	Czy przestrzegane są okresy prewencji i karencji?	❑/❑	
20.	Czy nie są przekraczane dawki oraz maksymalna liczba zabiegów w sezonie wegetacyjnym określona w etykiecie środka ochrony roślin?	❑/❑	
21.	Czy opryskiwacze wymienione w Notatniku IP są sprawne i mają aktualne badania techniczne?	❑/❑	
22.	Czy producent przeprowadza systematyczną kalibrację opryskiwacza/-y?	❑/❑	
23.	Czy producent posiada wydzielone miejsce do napełniania i mycia opryskiwacza?	❑/❑	
24.	Czy postępowanie z resztkami cieczy użytkowej jest zgodne z zapisami etykiet środków ochrony roślin?	❑/❑	
25.	Czy środki ochrony roślin są przechowywane w oznakowanym, zamkniętym pomieszczeniu, w sposób zabezpieczający przed skażeniem środowiska?	❑/❑	

Lp.	Punkty kontrolne	TAK/NIE	Komentarz
26.	Czy wszystkie środki ochrony roślin są przechowywane wyłącznie w oryginalnych opakowaniach?	❑/❑	
27.	Czy producent IP przestrzega przy produkcji roślin zasad higieniczno-sanitarnych, w szczególności określonych w metodykach?	❑/❑	
28.	Czy są zapewnione odpowiednie warunki dla rozwoju i ochrony pożytecznych organizmów?	❑/❑	
	Suma punktów		

Tabela 26. Lista Kontrolna Integrowanej Produkcji dla upraw rolniczych – wymagania dodatkowe

Wymagania dodatkowe dla polowych upraw rolniczych (zgodność min. 50%, tj. 8 punktów)			
Lp.	**Punkty kontrolne**	**TAK/NIE**	**Komentarz**
1.	Czy uprawiane odmiany roślin zostały dobrane pod kątem integrowanej produkcji roślin?	❑/❑	
2.	Czy każde pole jest oznaczone zgodnie z wpisem w Notatniku IP?	❑/❑	
3.	Czy producent stosuje prawidłowy płodozmian?	❑/❑	
4.	Czy producent wykonał wszystkie niezbędne zabiegi agrotechniczne zgodnie z metodykami IP?	❑/❑	
5.	Czy w uprawach jest stosowany zalecany międzyplon?	❑/❑	
6.	Czy w gospodarstwie prowadzi się działania ograniczające erozję gleby?	❑/❑	
7.	Czy do wykonania zabiegu były używane opryskiwacze wyszczególnione w notatniku IP?	❑/❑	
8.	Czy maszyny do stosowania nawozów są utrzymane w dobrym stanie technicznym?	❑/❑	
9.	Czy maszyny do stosowania nawozów umożliwiają dokładne ustalenie dawki?	❑/❑	
10.	Czy każde zastosowane nawożenie jest zanotowane z uwzględnieniem formy, rodzaju, daty stosowania, ilości oraz miejsca stosowania i powierzchni?	❑/❑	
11.	Czy nawozy są magazynowane w oddzielnym, wyznaczonym do tego celu pomieszczeniu, w sposób zabezpieczający przed skażeniem środowiska?	❑/❑	
12.	Czy producent zabezpiecza puste opakowania po środkach ochrony roślin przed dostępem osób postronnych?	❑/❑	

Lp.	Punkty kontrolne	TAK/NIE	Komentarz
13.	Czy producent posiada odpowiednio przygotowane miejsce do zbierania odpadów i odrzuconych płodów rolnych?	❑/❑	
14.	Czy w pobliżu miejsc pracy znajdują się apteczki pierwszej pomocy medycznej?	❑/❑	
15.	Czy w gospodarstwie są wyraźnie oznaczone miejsca niebezpieczne np. miejsca przechowywania środków ochrony roślin?	❑/❑	
	Suma punktów		

Tabela 27. Lista Kontrolna Integrowanej Produkcji dla upraw rolniczych – zalecenia

Zalecenia (realizacja min. 20%, tj. 2 punktów)			
Lp.	**Punkty kontrolne**	**TAK/NIE**	**Komentarz**
1.	Czy dla gospodarstwa są sporządzone mapy glebowe?	❑/❑	
2.	Czy nawozy nieorganiczne są magazynowane w czystym i suchym pomieszczeniu?	❑/❑	
3.	Czy wykonano analizę chemiczną nawozów organicznych na zawartość składników pokarmowych?	❑/❑	
4.	Czy oświetlenie w pomieszczeniu, gdzie przechowywane są środki ochrony roślin umożliwia odczytywanie informacji zawartych na opakowaniach środków ochrony roślin?	❑/❑	
5.	Czy producent wie, jak należy postępować w przypadku rozlania lub rozsypania się środków ochrony roślin i czy ma narzędzia do przeciwdziałania takiemu zagrożeniu?	❑/❑	
6.	Czy producent ogranicza dostęp do kluczy i magazynu, w którym przechowuje środki ochrony roślin, osobom niemającym uprawnień w zakresie ich stosowania?	❑/❑	
7.	Czy producent przechowuje w gospodarstwie tylko środki ochrony roślin dopuszczone do stosowania w uprawianych przez siebie gatunkach?	❑/❑	
8.	Czy producent pogłębia wiedzę na spotkaniach, kursach lub konferencjach poświęconych integrowanej produkcji roślin?	❑/❑	
9.	Czy producent korzysta z usług doradczych?	❑/❑	
	Suma punktów		

XIV. FAZY ROZWOJOWE

Fazy rozwojowe gorczycy (*Brassica rapa* L. var. *rapa*) w skali BBCH

Skala BBCH jest często używana przez producentów roślinnych i doradców do szybkiego opisania fazy rozwojowej roślin. Prosty układ skali BBCH znajduje szczególne zastosowanie wówczas, gdy trzeba precyzyjnie określić fazę rozwojową rośliny, ale jednocześnie uniknąć skomplikowanych opisów tekstowych. Opisy faz rozwojowych zastąpione są odpowiednimi kodami cyfrowymi. Taki zapis jest znacznym ułatwieniem, szczególnie w warunkach polowych. Standardowy opis faz rozwojowych wg BBCH ma takie samo oznakowanie, niezależnie od języka i kraju, w którym skala jest stosowana. Dwucyfrowy kod precyzyjnie określa fazę rozwojową, w której znajduje się roślina. Pierwsza cyfra określa zawsze główną fazę rozwojową, a druga pozwala na jeszcze dokładniejsze określenie zaawansowania wzrostu i rozwoju rośliny uprawnej. Arytmetycznie wyższy kod wskazuje na późniejszą fazę rozwojową. Dzięki systemowi kodowemu można także dokładnie opisać przedział czasowy pomiędzy fazami rozwojowymi rośliny. W zapisie podaje się wówczas kody połączone myślnikiem. Do określenia faz rozwojowych gorczycy stosuje się skalę BBCH opracowaną dla rzepaku jarego. W przypadku rodziny Brassicaceae, do której należy również gorczyca, charakterystyczny jest brak czwartej głównej fazy rozwojowej.

KOD	OPIS
0	**Kiełkowanie**
00	Suche nasiona
01	Początek pęcznienia nasion
02	Pęcznienie nasion
03	Zakończenie pęcznienia nasion
05	Korzeń zarodkowy wydostaje się z nasiona
07	Z okrywy nasiennej wyłania się kiełek (hypokotyl) z liścieniami
08	Hypokotyl z liścieniami rośnie w kierunku powierzchni gleby
09	Liścienie przebijają się na powierzchnię gleby

1	Rozwój liści (formowanie rozety)
10	Liścienie całkowicie rozwinięte
11	Faza 1. liścia
12	Faza 2. liścia
12	Faza 3. liścia
1...	Fazy trwają aż do ...
19	Faza 9. lub większej liczby liści

2	Rozwój pędów bocznych (rozgałęzień)
20	Brak bocznych rozgałęzień
21	Początek rozwoju pędów bocznych, pierwszy pęd boczny
22	Dwa pędy boczne
23	Trzy pędy boczne
2...	Fazy trwają aż do ...
29	Koniec formowania pędów bocznych, widocznych 9 lub więcej pędów bocznych

3	Wzrost pędu głównego (początek formowania łodygi)
30	Początek wydłużania łodygi, brak międzywęźli (rozeta)
31	Widoczne 1 międzywęźle
32	Widoczne 2 międzywęźla
33	Widoczne 3 międzywęźla
3...	Fazy trwają aż do ...
39	Widoczne 9 lub więcej międzywęźli

5	Rozwój pąków kwiatowych (pąkowanie)
50	Pąki kwiatowe zamknięte w liściach
51	Faza zielonego pąka
52	Pąki kwiatowe wyłaniają się z najmłodszych liści
53	Pąki kwiatowe nad najmłodszymi liśćmi
55	Widoczne pojedyncze pąki kwiatowe (główny kwiatostan), nadal zamknięte
57	Widoczne nadal zamknięte pojedyncze pąki kwiatowe (kwiatostany boczne)
59	Widoczne pierwsze płatki, pąki kwiatowe nadal zamknięte (żółty pąk)

6	Kwitnienie
60	Otwarte pierwsze kwiaty
61	10% otwartych kwiatów na głównym kwiatostanie (początek kwitnienia), wydłużanie się głównego kwiatostanu
62	20% otwartych kwiatów na głównym kwiatostanie
61	30% otwartych kwiatów na głównym kwiatostanie
64	40% otwartych kwiatów na głównym kwiatostanie
65	Pełne kwitnienie: 50% kwiatów otwartych na głównym kwiatostanie, starsze płatki opadają
67	Końcowa faza kwitnienia, większość płatków opada
69	Koniec kwitnienia

7	Rozwój owoców
71	10% łuszczyn osiągnęło ostateczną wielkość
72	20% łuszczyn osiągnęło ostateczną wielkość
73	30% łuszczyn osiągnęło ostateczną wielkość
74	40% łuszczyn osiągnęło ostateczną wielkość
75	50% łuszczyn osiągnęło ostateczną wielkość
76	60% łuszczyn osiągnęło ostateczną wielkość
77	70% łuszczyn osiągnęło ostateczną wielkość
78	80% łuszczyn osiągnęło ostateczną wielkość
79	Prawie wszystkie łuszczyny osiągają ostateczną wielkość

8	Dojrzewanie
80	Początek dojrzewania: nasiona zielone, wypełniają zagłębienia w łuszczynie
81	10% łuszczyn dojrzewa, nasiona brązowieją i twardnieją
82	20% łuszczyn dojrzewa, nasiona brązowe i twarde
83	30% łuszczyn dojrzewa, nasiona brązowe i twarde
84	40% łuszczyn dojrzewa, nasiona brązowe i twarde
85	50% łuszczyn dojrzewa, nasiona czarne i twarde
86	60% łuszczyn dojrzewa, nasiona brązowe i twarde
87	70% łuszczyn dojrzewa, nasiona czarne i twarde
89	Pełna dojrzałość, prawie wszystkie łuszczyny dojrzałe, nasiona czarne i twarde

9	Zamieranie
97	Roślina zamiera i usycha
99	Nasiona zebrane, okres spoczynku

10

11

12

13

18

32

51 (Detail)

51

53 (Detail)
53
55
57
61
67
69
79

XV. PODSUMOWANIE

- Integrowana ochrona gorczycy przed agrofagami polega na wykorzystaniu wszelkich dostępnych metod ujętych w taki system, aby do minimum ograniczyć stosowanie chemicznych środków ochrony roślin.
- Najlepszym przedplonem dla wszystkich gatunków gorczyc są rośliny okopowe, bobowate i zboża. Gorczyce są bardzo wartościowymi roślinami w zmianowaniach silnie zdominowanych przez zboża oraz regenerują stanowiska w płodozmianach z dużym udziałem roślin okopowych, a także po stosowaniu systemów z uproszczoną uprawą roli.
- Uprawa gorczyc na nasiona jest podobna do uprawy rzepaku jarego i powinna być równie staranna.
- Warunkiem koniecznym do prawidłowego rozwoju gorczyc jest zapewnienie optymalnego, czyli obojętnego odczynu gleby.
- W zależności od rodzaju gleby i przedplonu, orientacyjne dawki azotu wynoszą 60–120 kg/ha N. Należy stosować zrównoważone nawożenie makro- i mikroelementami.
- Odmiany gorczycy wpisane do Krajowego Rejestru COBORU zostały w badaniach urzędowych sprawdzone pod względem wartości i przydatności do różnych sposobów użytkowania. Wybierając odmianę do uprawy, należy uwzględnić odporność i tolerancję na agrofagi. Uprawa odmian antymątwikowych pozwala na ograniczenie występowania szkodliwych nicieni pasożytniczych, np. mątwika burakowego i mątwika ziemniaczanego.
- Do wysiewu należy używać materiału kwalifikowanego, który gwarantuje szybkie i wyrównane wschody oraz zapewni czystość odmianową.
- Zachwaszczenie uprawianych w Polsce trzech gatunków gorczyc nie różni się i jest najbardziej zbliżone do spektrum chwastów występujących w rzepaku jarym. Największe ograniczenie zachwaszczenia uzyskuje się podczas przygotowania gleby pod siew gorczyc. Herbicydy stosować przemiennie z uwzględnieniem różnych grup chemicznych, w celu przeciwdziałania powstawaniu odporności.
- Gorczyce są porażane przez różne patogeny, które występują również na rzepaku jarym i ozimym. Ograniczenie chorób uzyskuje się, wykorzystując przede wszystkim metody niechemiczne, a w razie konieczności można zastosować również odpowiednie fungicydy.
- Ograniczanie strat powodowanych przez szkodniki osiąga się, wykorzystując metody agrotechniczną, biologiczną oraz chemiczną.
- Przed przeprowadzeniem zabiegów ochronnych należy określić progi szkodliwości agrofagów. Stosować tylko zarejestrowane środki ochrony roślin z uwzględnieniem ochrony organizmów pożytecznych i owadów zapylających.

XVI. LITERATURA

Agnihotri A., Gupta K., Prem D., Sarkar G., Mehra V.S., Zargar S.M. 2009. Genetic enhancement in rapeseed-mustard for quality and disease resistance through *in vitro* techniques. W: Proceedings of 16th Australian Research Assembly on Brassicas, Ballarat. Australia, September 14–16, 28 ss.

Badowski M., Kucharski M. 2005. Chemiczne odchwaszczanie gorczycy białej (*Sinapis alba*). [Chemical weed control in white mustard (*Sinapis alba*) crop]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXVI (1): 193–196.

Bereś P.K. (red.). 2014. Atlas szkodników roślin rolniczych. Hortpress Sp. z o.o., Warszawa, 160 ss.

Bergstrom L., Kirchmann H. 2004. Leaching and crop uptake of nitrogen from nitrogen-15-labeled green manures and ammonium nitrate. Journal of Environmental Quality 33 (5): 1786–1792.

Bilsborrow P.E., Evans E.J., Milford G.F.J., Fieldsend J.K. 1995. The effects of S and N on the yield and quality of oilseed rape in the U.K. s. 280–283. W: Proccedings of 9th International Rapeseed Congress Cambridge University, 1.

Bobek B., Morow K., Perzanowski K., Kosobucka M. 1992. Jeleń. Monografia przyrodniczo-łowiecka. [Red Deer. Environmental and Hunting Monograph]. Wydawnictwo Świat, Warszawa, 200 ss.

Boczek J., Lipa J.J. 1978. Biologiczne metody walki ze szkodnikami. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 593 ss.

Brachaczek A., Kaczmarek J., Jędryczka M. 2012. Optymalizacja terminu zabiegów fungicydowych przeciw zgniliźnie twardzikowej. [Optimization of fungicide treatment dates against sclerotinia stem rot on oilseed rape]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 52 (4): 983–987.

Budzyński W. 2010. Kapusta rzepak. s. 15–107. W: „Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie". (W. Budzyński, T. Zając, red.). Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 300 ss.

Budzyński W. (red.). 2013. Integrowana ochrona i bezpieczeństwo zdrowotne rzepaku. Teraz rzepak. Teraz olej. Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju, Warszawa, tom VI, 188 ss.

Budzyński W., Jankowski K. 2001. Wpływ nawożenia siarką, magnezem i azotem na wzrost, rozwój i plonowanie gorczycy białej i sarepskiej. [Effect of fertilization with sulphur, magnesium and nitrogen on growing and yield of white and Indian mustard seeds]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXII (1): 45–58.

Budzyński W., Zając T. 2010. Rośliny oleiste, uprawa i zastosowanie. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 300 ss.

Buhre C. 2008. Einfluss von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Sortenwahl und Zwischenfruchtanbau auf den Befall von Zuckerrüben mit *Rhizoctonia solani*. Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, 160 ss.

Ciepielewska D. 1991. Biedronki (Coleoptera, Coccinellidae) występujące na uprawach roślin motylkowatych w województwie olsztyńskim. Polskie Pismo Entomologiczne 61: 129–138.

Czaczyk Z. 2012. Charakterystyka użytkowa wybranych rozpylaczy płaskostrumieniowych do ochrony upraw polowych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 57 (2): 31–40.

Czuba R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 471 (1): 161–170.

Czuba R., Sztunder H., Świerczewska M. 1995. Dolistne dokarmianie rzepaku ozimego i gorczycy białej azotem, magnezem i mikroelementami. Wydawnictwo Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy, P(58), 26 ss.

Daniel C.K., Lennoxa C.L., Vries F.A. 2015. *In vivo* application of garlic extracts in combination with clove oil to prevent postharvest decay caused by *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* and *Neofabraea alba* on apples. Postharvest Biology and Technology 99: 88–92.

Delp C.J., Dekker J. 1985. Fungicide resistance: definitions and use of terms. Bulletin OEPP/EPPO 15: 333–335.

Dembiński F. 1975. Rośliny oleiste. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 425 ss.

Dembiński F., Horodyski A., Jaruszewska A. 1962. Porównanie 17 gatunków jarych roślin oleistych. Pamiętnik Puławski 8: 3–77.

Dębowski M., Kucharzewski A. 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 471 (1): 627–636.

Dominik A., Schönthaler J. 2012. Integrowana ochrona roślin w gospodarstwie. Poradnik praktyczny – zasady ogólne. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu, 70 ss.

Doruchowski G., Hołownicki R. 2009. Przewodnik Dobrej Praktyki Organizacji Ochrony Roślin. Kodeks DPOOR z komentarzem. Wyd. II uzupełnione i poprawione. ISK Skierniewice, 96 ss.

Doruchowski G., Świechowski W., Hołownicki R., Godyń A. 2011. Bezpieczne zagospodarowanie ciekłych pozostałości po zabiegach ochrony roślin w systemach biodegradacji i dehydratacji. Inżynieria Rolnicza 8 (133): 89–99.

Droby S., Wilson Ch.L., Wisniewski M., Ghaouth A.E. 2000. Biologically based technology for the control of postharvest diseases of fruits and vegetables. s. 187–205. W: "Microbial Food Contamination" (Ch.L. Wilson, S. Droby, red.). CRC Press LLC, Washington, 304 ss.

Dzieżyc J. 1988. Rolnictwo w warunkach nawadniania. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 416 ss.

Farr D.F., Bills G.F., Chamuris G., Rossman A.Y. 1989. Fungi on plants and plant products in the United States. APS Press – The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA, 1252 ss.

Finck A. 1982. Fertilizers and fertilization: introduction and practical guide to crop fertilization. Verlag Chemie, Weinheim, 438 ss.

Freney J.R., Williams C. 1983. The sulphur cycle in soil. s. 129–201. W: "The Global Biogeochemical Sulphur Cycle" (M.V. Ivanov and J.R. Freney, red.). John Wiley and Sons, Chichetser, 496 ss.

Gaj R., Klikocka H. 2011. Wielofunkcyjne działanie siarki w roślinie – od żywienia do ochrony. [Multifunctional sulphur effect in plants – from nutrition to protection]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (1): 33–44.

Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R. 2004. Allelopatia – nowe interpretacje oddziaływań pomiędzy roślinami. Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych 53 (2): 207–217.

Godyń A., Doruchowski G. 2009. Poradnik Mycie Opryskiwaczy. Publikacja w ramach projektu LI-FE05ENV/B/000510 pt: „Szkolenie operatorów opryskiwaczy w celu zapobiegania skażeniom miejscowym". ISiK, Skierniewice, 22 ss.

Grzebisz W., Härdter R. 2006. Kizeryt – naturalny siarczan magnezu w produkcji roślinnej. Verlagsgesselschaft für Ackerbau mbH, Kassel, Niemcy, 124 ss.

Grzebisz W., Podleśna A., Wielebski F. 2005. Potrzeby pokarmowe i nawożenie. s. 74–89. W: „Technologia produkcji rzepaku" (Cz. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda, M. Mrówczyński, red.). Wieś Jutra, Warszawa, 203 ss.

Gutmański I. 2000. Niskonakładowe technologie uprawy buraka cukrowego. s. 20–24. W: Materiały Seminarium Naukowego „Aktualne problemy produkcji buraka cukrowego w Polsce". IHAR Oddział w Bydgoszczy, 13–15 czerwca 2000.

Gutmański I., Kostka-Gościniak D., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Dąbrowski W., Kłos W. 1999. Niektóre właściwości fizyczne gleby i występowanie dżdżownic (Lumbricidae) na plantacji buraka cukrowego uprawianego z siewu w mulcz międzyplonu. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura 195 (74): 87–96.

Harasimowicz-Hermann G., Hermann J. 2006. Funkcja międzyplonów w ochronie zasobów mineralnych i materii organicznej gleby. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 1: 147–155.

Häni F., Popow G., Reinhard H., Schwarz A., Tanner K., Vorlet M. 1998. Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 333 ss.

Hołownicki R., Doruchowski G., Godyń A., Świechowski W. 2012. Techniki ograniczające znoszenie dla upraw polowych i sadowniczych. s. 120–137. W: Materiały X Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin". Poznań, 14–15 listopada 2012, 187 ss.

Hołubowicz-Kliza G. 2006. Wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnieniowa, nr 128. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, 61 ss.

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.

Ignatowicz S., Olszak R.W. 1998. Drapieżne chrząszcze w ochronie roślin. Nowoczesne Rolnictwo 8: 46–47.

Jabłoński B. 1997. Potrzeba zapylania i wartość pszczelarska owadopylnych roślin uprawnych. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa, Oddział Pszczelnictwa, Puławy, 92 ss.

Jabłoński B., Kołtowski Z., Szklanowska K. 1999. Ważniejsze wyniki badań nektarowania, zapylania i plonowania gorczycy białej i rzepaku jarego. s. 29–30. W: Materiały 38. Pszczelarskiej Konferencji Naukowej, Puławy.

Jajor E., Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Wójtowicz M. 2010. Wpływ ochrony fungicydowej i warunków meteorologicznych na porażenie odmian rzepaku przez *Sclerotinia sclerotiorum*. [Influence of weather conditions and date of fungicidal protection on the occurrence of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 50 (3): 1334–1339.

Jajor E., Korbas M., Kozłowski J., Mrówczyński M., Pruszyński G., Wachowiak H., Walczak F., Węgorek P. 2008. Poradnik sygnalizatora ochrony rzepaku (F. Walczak, red.). Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 153 ss.

Jajor E., Mrówczyński M. (red.). 2013. Metodyka integrowanej ochrony gorczycy białej, sarepskiej i czarnej dla producentów. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 39 ss.

Jajor E., Mrówczyński M., Bartkowiak-Broda I., Broniarz J., Danielewicz J., Dobrzycka A., Dworzańska D., Fiedler Ż., Gorzała G., Horoszkiewicz-Janka J., Kierzek R., Korbas M., Matyjaszczyk E., Mikołajczyk K., Matysiak K., Mączyńska A., Muśnicki Cz., Obst A., Perek A., Paradowski A., Pruszyński G., Przybył J., Wachowiak H., Wałkowski T., Węgorek P., Wielebski F., Wójtowicz M., Zamojska J. 2016. Metodyka integrowanej ochrony i produkcji rzepaku ozimego oraz jarego dla doradców (E. Jajor, M. Mrówczyński, red). Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 265 ss.

Jankowski K., Budzyński W. 1999. The effects of some agronomic factors on *Sinapis alba* yield. Proceedings of 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia, September 26–29, 1999, CD-ROM.

Jankowski K., Budzyński W., Szymanowski A. 2008. Poziom i termin nawożenia siarką a plonowanie rzepaku ozimego. [Influence of the rate and timing of sulphur fertilisation on winter oilseed rape yield]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXIX (1): 75–89.

Jasińska Z., Kotecki A. 1994. Wpływ nawożenia azotowego na plony nasion gorczycy białej i sarepskiej. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Rolnictwo LIX (230): 71–77.

Jasińska Z., Kotecki A. 2003. Szczegółowa uprawa roślin. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław, 510 ss.

Jędryczka M. 2006. Epidemiologia i szkodliwość suchej zgnilizny kapustnych na rzepaku ozimym w Polsce. Rozprawy i Monografie. Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk, Poznań, 150 ss.

Kapooria R.G. 2007. An overview of biological control of fruit and vegetable deseases. s. 191–217. W: "Biological Control of Plant Diseases" (S.B. Chincholkar, K.G. Murkerje, red.). The Haworth Press, Inc., Binghampton, USA, 426 ss.

Kierzek R., Wachowiak M., Ratajkiewicz H. 2010. Wpływ techniki aplikacji i adiuwantów na skuteczność zabiegów wykonywanych w zmiennych warunkach pogodowych. s. 109–116. W: Materiały IX Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin". Poznań, 12–13 października 2010, 167 ss.

Kierzek R., Wachowiak M., Ratajkiewicz H. 2012. Rola techniki i precyzji zabiegów w integrowanych systemach ochrony roślin. s. 152–160. W: Materiały X Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin". Poznań, 14–15 listopada 2012, 187 ss.

Kochman J., Węgorek W. (red.). 1997. Ochrona roślin. Wydanie V. Plantpress, Kraków, 701 ss.

Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E. 2008. Uproszczone systemy uprawy a występowanie sprawców chorób. [Simplified systems of soil management in relation to the occurrence of disease casual agents]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 48 (4): 1431–1438.

Korniłłowicz-Kowalska T. 2000. Oddziaływanie grzybów glebowych (*Micromycetes*) na patogeny oraz szkodniki roślin i jego praktyczny aspekt. Fragmenta Agronomica 2 (66): 135–149.

Kowalska J., Remlein-Starosta D. 2011. Badania nad możliwością niechemicznej ochrony rzepaku ozimego w Polsce. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 56 (3): 220–223.

Kozłowski J., Kozłowski R. J. 2003. Zagrożenie rzepaku ozimego przez ślimaki (Gastropoda: Pulmonata) i metody ich zwalczania. [Threat to winter oilseed rape posed by slugs (Gastropoda: Pulmonata) and methods of their control]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXIV (2): 659–669.

Kryczyński S., Weber Z. (red.). 2010. Fitopatologia. Tom 1. Podstawy fitopatologii. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 639 ss.

Kryczyński S., Weber Z. (red.). 2011. Fitopatologia. Tom 2. Choroby roślin uprawnych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 464 ss.

Kucharski M., Badowski M. 2006. Pozostałości herbicydów w glebie i nasionach gorczycy białej (*Sinapis alba*). [Herbicide residues in soil and seeds of white mustard (*Sinapis alba*)]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXVII (1): 89–93.

Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. Oleiste i włókniste. COBORU 2012.

Lista odmian roślin rolniczych wpisanych do krajowego rejestru odmian roślin uprawnych. COBORU 2017.

Lityński T., Jurkowska J. 1982. Żyzność gleby i odżywianie się roślin. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 642 ss.

Lütke-Entrup N. 2001. Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau. Auswertungs und Informationsdienst (AID), Th. Mann Verlag, Bonn, 87 ss.

Majchrzak B., Waleryś Z., Ciska E. 2005. Wartość fitosanitarna roślin kapustnych jako przedplonów dla zbóż. I. Zawartość glukozynolanów w łodygach i korzeniach dojrzałych roślin z rodziny Brassicaceae. [Phytosanitary value of cruciferous plants as pre-crops of cereals. I. Glucosinolate content in stems and roots of mature plants of Brassicaceae family]. Rośliny Oleiste – Oilssed Crops XXVI (1): 199–209.

Malinowski H. 2003. Odporność owadów na insektycydy: mechanizmy powstawania i możliwości przeciwdziałania. Wieś Jutra, 211 ss.

Matysiak K., Adamczewski K. 2002. Zwalczanie chwastów dwuliściennych w uprawie gorczycy białej i sarepskiej. [Weed control in white and brown mustard]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 42 (2): 494–496.

Matysiak K., Kaczmarek S., Kierzek R., Kardasz P. 2010. Effect of seaweeds extracts and humic and fulvic acids on the germination and early growth of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 55 (4): 28–32.

Mc Grath S.P., Zhao E.J. 1996. Sulphur uptake, yield response and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oleiseed rape (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Science 126: 53–62.

Mercik S. 1997. Nawożenie i jego wpływ na plonowanie roślin oraz środowisko glebowe. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 439: 97–101.

Motowicka-Terelak T., Terelak H. 1998. Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenia. PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 106 ss.

Mrówczyński M. (red.). 2013a. Integrowana ochrona upraw rolniczych. Tom 1. Podstawy integrowanej ochrony. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 153 ss.

Mrówczyński M. (red.). 2013b. Integrowana ochrona upraw rolniczych. Tom 2. Zastosowanie integrowanej ochrony. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 286 ss.

Mrówczyński M., Czubiński T., Klejdysz T., Kubasik W., Pruszyński G., Strażyński P., Wachowiak H. 2017. Atlas szkodników roślin rolniczych dla praktyków. Polskie Wydawnictwo Rolnicze Sp. z o. o., Poznań, 368 ss.

Murawa D., Pykało I., Adomas B. 2003. Ocena plonowania i wybranych cech jakościowych nasion dwóch odmian gorczycy białej w zależności od stosowanych herbicydów. [Estimation of yielding and some quality features of two varieties of white mustard seeds according to applied herbicides]. Rośliny Oleiste – Oilssed Crops XXIV: (1): 193–208.

Murawa D., Pykało I., Banaszkiewicz T. 2004. Kompleksowa ocena chwastobójczych substancji aktywnych stosowanych w gorczycy białej (*Sinapis alba* L.). I. Skuteczność herbicydów stosowanych w gorczycy białej (*Sinapis alba* L.). [The complex estimation of herbicidal activity of some chemicals applied in white mustard (*Sinapis alba* L.) I. Effectiveness of applied herbicides in white mustard (*Sinapis alba* L.) and their influence on yield of seeds]. Rośliny Oleiste – Oilssed Crops XXV (2): 521–532.

Murawa D., Pykało I., Konopka I. 1999. Zawartość glukozynolanów w nasionach gorczycy białej traktowanej herbicydami. [Content of glucosinolates in white mustard treated with herbicides]. Rośliny Oleiste – Oilssed Crops XX (1): 267–270.

Murawa D., Pykało I., Warmiński K. 2001. Olej i jego skład kwasowy oraz zawartość białka w nasionach dwóch odmian gorczycy białej Nakielska i Borowska ze zbioru 1999 r. traktowanej herbicydami. [Oil, its acid composition and protein content in seeds of white mustard cultivars Nakielska and Borowska treated with herbicides from 1999 harvest]. Rośliny Oleiste – Oilssed Crops XXII (1): 259–264.

Muśnicka B. 1989. Uprawy gorczycy białej na nasiona. Radzików, 8 ss.

Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmiennych warunkach siedliskowo-agrotechnicznych. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe 191, 154 ss.

Muśnicki Cz. 1999. Rośliny oleiste. s. 365–493. W: „Szczegółowa uprawa roślin" (Z. Jasińska, A. Kotecki, red.). Tom 2. Akademia Rolnicza, Wrocław, 688 ss.

Muśnicki Cz., Toboła P. 2000. Stan i perspektywy uprawy roślin oleistych w Polsce. s. 255–259. W: „Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy" (W. Grzebisz, red.). Akademia Rolnicza, Poznań, 306 ss.

Muśnicki Cz., Toboła P., Muśnicka B. 1997. Produktywność alternatywnych roślin oleistych w warunkach Wielkopolski oraz zmienność ich plonowania. [The productivity of alternative oil crops in conditions of Great Poland and variability of their seed yield]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XVIII (2): 269–278.

Nietupski M., Nijak K., Kosewska A. 2015. Zgrupowania biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) na polach z konwencjonalną i ekologiczną uprawą łubinu. s. 197–198. W: "Streszczenia 55. Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego". Poznań, 233 ss.

Nowakowski M. 2010. Racjonalna uprawa roli i nawożenie. Poradnik buraka cukrowego. Agroserwis, Warszawa, s. 130–164.

Nowakowski M. 2013. Przydatność gorczycy białej i rzodkwi oleistej jako mulczu, nawozu i czynnika ochrony fitosanitarnej w uprawie buraka cukrowego. Monografie i Rozprawy Naukowe Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego 43, 144 ss.

Nowakowski M., Franke K. 2013. Struktura plonu i oddziaływanie na populację mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*) wybranych odmian gorczycy białej uprawianej w plonie głównym.

II. Plony biomasy nadziemnej i korzeni oraz zagęszczenie mątwika ziemniaczanego w glebie. [Yield structure of selected varieties of white mustard grown as main crops and their impact on the potato cyst nematode (Globodera rostochiensis). II. Above-ground and root biomass production and potato cyst nematode density in soil]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXXIV (1): 85–94.

Nowakowski M., Skonieczek P., Żurek M., Matyka Ł., Wąsacz E., Piętka T. 2014. Plonowanie wybranych rodów i odmian gorczycy białej uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na dwu typach gleb. [Yields of selected white mustard lines and varieties cultivated as catch crop on two types of soil]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXXV (1): 37–47.

Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 2003a. Plony świeżej i suchej masy oraz oddziaływanie antymątwikowe gorczycy białej i rzodkwi oleistej w zależności od odmiany i nawożenia azotem. [Yields of fresh and dry matter and antinematode effect of white mustard and oil radish depending on cultivar and nitrogen fertilization]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXIV (2): 501–508.

Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 2003b. Pobranie makroskładników pokarmowych przez gorczycę białą i rzodkiew oleistą uprawianą w międzyplonie ścierniskowym na trzech typach gleb. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 494: 321–328.

Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 2006. Plonowanie i antymątwikowe oddziaływanie czterech odmian rzodkwi oleistej uprawianych w plonie głównym przy dwóch poziomach nawożenia potasem. [Yielding and antinematode effect of four oil radish varieties cultivated as the main crop at two levels of K fertilization]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXVII (1): 77–88.

Ochal P. 2012. Regeneracyjne wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnieniowa nr 189. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, 31 ss.

Oleszek W. 1995. Glukozynolany – występowanie i znaczenie ekologiczne. Wiadomości Botaniczne 39 (1/2): 49–58.

Orlovius K. 2000. Wyniki badań nad wpływem nawożenia potasem, magnezem i siarką na rośliny oleiste w Niemczech. s. 229–240. W: „Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy". (W. Grzebisz, red.). Akademia Rolnicza, Poznań, 306 ss.

Panjabi-Massand P., Yadava S.K, Sharma P., Kaur A., Kumar A., Arumugam N., Sodhi Y.S., Mukhopadhyay A., Gupta V., Pradhan A.K., Pental D. 2010. Molecular mapping reveals two independent loci conferring resistance to *Albugo candida* in the east European germplasm of oilseed mustard *Brassica juncea*. Theoretical and Applied Genetics 121: 137–145.

Paradowski A. 2013. Atlas chwastów. Plantpress, Kraków, 232 ss.

Paradowski A. 2015. Atlas chwastów roślin rolniczych, sadowniczych i warzywnych. Hortpress, Warszawa, 208 ss.

Paszkiewicz-Jasińska A. 2005. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na rozwój gorczycy białej, plon i jego jakość. I. Wpływ nawożenia azotem i gęstości wysiewu na rozwój i plonowanie gorczycy białej (*Sinapis alb*a L.). [The effect of selected agrotechnical factors on development, yielding and quality of white mustard. I. The effect of nitrogen fertilization and sowing density on the development and yielding of white mustard (*Sinapis alba* L.)]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXVI (2): 451–465.

Piątkowski J. 2001. Pożyteczne owady, roztocze i nicienie pomocne w zwalczaniu szkodników. Owoce, Warzywa, Kwiaty nr 4: 11–13.

Pielowski Z. 1984. Sarna. [The Roe Deer.]. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, Polska, 287 ss.

Pięta D., Pastucha A., Patkowska E. 2007. A possibility of using grapefruit extract, chitosan and *Pythium oligandrum* to protect soybean (*Glycine max* (l.) Merrill) from pathogens. Polish Chitin Society, Monograph XII: 197–203.

Pięta D., Patkowska E., Pastucha A., Belkot M. 2002. Wpływ mikroorganizmów antagonistycznych na ograniczanie porażenia soi przez grzyby chorobotwórcze przeżywające w glebie. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus 1 (1): 23–30.

Piętka T., Krzymański J., Krótka K. 2010. Pierwsza podwójnie ulepszona odmiana gorczycy białej (*Sinapis alba* L.). [First double improved variety of white mustard (*Sinapis alba* L.)]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXXI (2): 177–200.

Piętka T., Krzymański J., Krótka K., Bartkowiak-Broda I. 2014. Podwójnie ulepszona gorczyca biała (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica hirta*) – jako źródło białka i oleju. [Double low white mustard (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica hirta*) is a source of protein and oil]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXXV: 21–35.

Prabhu K.V., Somers D.J., Rakow G., Gugel R.K. 1998. Molecular markers linked to white rust resistence in mustard *Brassica juncea*. Theoretical and Applied Genetics 97: 865–870.

Pruszyński S., Bartkowski J., Pruszyński G. 2012. Integrowana ochrona roślin w zarysie. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Poznaniu, 56 ss.

Pruszyński S., Lipa J.J. 1970. Obserwacje nad cyklem rozwojowym i specjalizacją pokarmową biedronki dwukropki – *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae). Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roślin 12 (2): 99–116.

Pruszyński S., Wolny S. 2009. Przewodnik Dobrej Praktyki Ochrony Roślin. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 90 ss.

Punja Z.K., Utkhede R.S. 2003. Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases. Trends in Biotechnology 21: 400–407.

Pusz W., Serafin-Andrzejewska M., Pląskowska E., Kozak M. 2012. Wpływ zróżnicowania nawożenia siarką na zdrowotność nasion gorczycy białej, odmiany Radena. [The effect of different sulphur fertilization rates on seed health of white mustard seeds, cultivar Radena]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 52 (3): 590–595.

Rey P., Floch G. Benhamou N., Salerno M.I., Thuillier E., Tirilly Y. 2005. Interactions between the mycoparasite *Pythium oligandrum* and two types of sclerotia of plant – pathogenic fungi. Mycological Research 109 (7): 779–788.

Rice R. 2007. The physiological role of minerals in the plant. s. 9–30. W: "Mineral Nutrition and Plant Disease" (L.E. Datnoff, W.E. Elmer, D.M. Huber, red.). The APS, St. Paul, MN, 278 ss.

Richter P. 1992. Possible genetic start points and end points of insecticide resistance evolution. s. 355–362. W: "Insecticides: Mechanism of Action and Resistance" (D. Otto, B. Weber, red.) Intercept, Endover, 499 ss.

Sawicka B., Kotiuk E. 2007. Gorczyce jako rośliny wielofunkcyjne. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 6 (2): 17–27.

Schoknecht U., Otto D. 1989. Enzymes involved in the metabolism of organophosphorous, carbamate and pyrethroid insecticides. Chemistry of Plant Protection 2: 117–156.

Shao X., Cheng S., Wang H., Yu D., Mungai C. 2013. The possible mechanism of antifungal action of tea tree oil on *Botrytis cinerea*. Journal of Applied Microbiology 114 (6): 1642–1649.

Sienkiewicz-Cholewa U., Stanisławska-Glubiak E. 2007. Rola mikroelementów w kształtowaniu wielkości i jakości plonu rzepaku ozimego. s. 111–125. Studia i Raporty Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego, 8, Puławy.

Skonieczek P., Nowakowski M. 2011. Występowanie sprawców zgorzeli siewek buraka, w tym *Rhizoctonia solani*, na stanowiskach z uprawą buraka cukrowego. W: Materiały Konferencji Naukowej: „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych". Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Zakopane 7–11 lutego 2011, 268 ss.

Sobiczewski P. 2009. Bakterie wykorzystywane w produkcji roślinnej. s. 172–213. W: „Biotechnologia roślin" (S. Malepszy, red.). Wyd. 2. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 736 ss.

Sosnowska D. (red.). 2007. Organizmy pożyteczne, występowanie, identyfikacja oraz wykorzystanie w integrowanej produkcji w Polsce. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 84 ss.

Sosnowska D., Fiedler Ż. 2013. Metody biologiczne i ochrona organizmów pożytecznych. s. 45–59. W: „Integrowana ochrona upraw rolniczych" Tom 1. Podstawy integrowanej ochrony (M. Mrówczyński, red.). Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 153 ss.

Spork P. 2011. Drugi kod. Wydawnictwo W.A.B., Warszawa, 377 ss.

Stockfisch N. 2006. Zuckerrüben in der EU. Zuckerrübe 3: 146–149.

Szopka K., Karczewska A., Kabała C., Kulczyk K. 2011. Siarka siarczanowa w glebach górnoreglowych borów świerkowych Karkonoskiego Parku Narodowego. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 50: 61–70.

Szukalski H. 1979. Mikroelementy w produkcji roślinnej. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 320 ss.

Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościniak D., Nowakowski M., Gutmański I. 2002. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Cz. 5. Stan zachwaszczenia. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 222: 341–348.

Szymczak-Nowak J., Nowakowski M. 2002. Plonowanie gorczycy białej, rzodkwi oleistej i facelii błękitnej uprawianych w plonie głównym oraz ich wpływ na populację mątwika burakowego. [Yielding and influence of white mustard, oil radish and tansy phacelia cultivated as a main crop on beet cyst-nematode population]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXIII (2): 223–234.

Szyrmer J. 1974. Wpływ warunków wegetacji roślin i nawożenia NPK na plon nasion oraz zawartość i jakość tłuszczu u gorczycy białej, krokosza i słonecznika. Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo 18 (5): 389–405.

Szyszko J. 2002. Możliwości wykorzystania biegaczowatych (Carabidae, Col.) do oceny zaawansowania procesów sukcesyjnych w środowisku leśnym – aspekty gospodarcze. Sylwan 146 (12): 45–59.

Toboła P. 2010. Gorczyce – biała, sarepska, czarna. s. 109–124. W: „Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie" (W. Budzyński, T. Zając, red.). Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 300 ss.

Toboła P., Muśnicki Cz. 1999. Zmienność plonowania jarych roślin oleistych z rodziny krzyżowych. [Yielding variability of spring sown oilseed crops of cruciferous family]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XX (1): 93–100.

Trivedi A.K. 2015. Boron: an essential element needs attention. Academic Research Journal of Agricultural Science and Research 3 (6): 161–168.

Ustawa z dnia 22 października 2004 roku o jednostkach doradztwa rolniczego z 2013 r. Dz. U. poz. 474 (tekst jednolity).

Ustawa z dnia 8 marca 2013 roku o środkach ochrony roślin. Dz. U. poz. 455, opublikowana 12 kwietnia 2013 r.

Wachowiak M., Kierzek R. 2010. Przydatność rozpylaczy ežektorowych w ochronie upraw polowych. s. 117–124. W: Materiały IX Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin", Poznań, 14–15 października 2010, 167 ss.

Wagner A., Hetman B., Kopacki M., Jamiołkowska A., Krawiec P., Lipa T. 2013. Laboratory effect of Boni Protect containing *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnoud in the control of some fungal diseases of apple fruit. Acta Agrobotanica 66 (1): 77–88.

Wałkowski T. 1997. Gorczyce. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Poznań, 25 ss.

Wałkowski T., Bartkowiak-Broda I., Krzymański J., Mrówczyński M., Korbas M., Paradowski A. 2006. Rzepak ozimy – proekologiczna technologia uprawy. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 164 ss.

Wąsacz E., Nowakowski M. 2011. Mątwik burakowy i mątwik ziemniaczany – bardzo groźne szkodniki. Poradnik Plantatora Buraka Cukrowego 3: 42–46.

Weber Z. 2002. Skuteczność biopreparatu Contans WG (*Coniothyrium minitans* Campb.) w ochronie rzepaku ozimego przed *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. [Efficacy of biopreparate Contans WG (*Coniothyrium minitans* Campb.) in winter oilseed rape protection against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXIII (1): 151–156.

Węgorek P. 2009. Badania nad odpornością chrząszczy słodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus* F.) na insektycydy. Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego 20, 122 ss.

Węgorek P. 2011. Damage caused by game animals and other mammal or bird species in agricultural crops and woodlands – ethological aspect, prevention possibilities. Institute of Plant Protection – National Research Institute, Poznań, 72 ss.

Węgorek P., Korbas M., Jajor E., Zamojska J., Bandyk A., Danielewicz J. 2014. Influence of *Capreolus capreolus* L. and *Cervus elaphus* L. feeding simulation on disease incidence rate and winter rape yielding. Fresenius Environmental Bulletin 23 (7a): 1610–1617.

Węgorek P., Korbas M., Zamojska J., Bandyk A. 2011. Wpływ wielkości i rodzaju uszkodzeń rzepaku ozimego przez zwierzęta łowne na plonowanie roślin. [The influence of the kind and size of oilseed rape damage caused by game to plant yielding]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (1): 227–231.

Węgorek P., Korbas M., Zamojska J., Kierzek R., Piszczek J., Pieczul K. 2013. Odporność agrofagów na środki ochrony roślin. s. 87–127. W: „Integrowana ochrona upraw rolniczych, podstawy integrowanej ochrony" (M. Mrówczyński, red.). Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 153 ss.

Węgorek P., Zamojska J., Dworzańska D., Sporek K., Sporek M. 2016. Wpływ intensywnego rolnictwa na degradację różnorodności biologicznej w tym zwierzęta łowne w Polsce. s. 89–108. W: „Gospodarka łowiecka a różnorodność biologiczna" (J. Nowacki, M. Skorupski, red.). Fundacja Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 160 ss.

Wiech K. 1997. Pożyteczne owady i inne zwierzęta. Medix Plus, Poznań, 115 ss.

Wiech K., Bednarek A., Grabowski M., Goszczyński W. 2001. Ochrona roślin bez chemii. Działkowiec, Warszawa, 120 ss.

Wielebski F. 2012. Reakcja rzepaku ozimego na nawożenie siarką w zależności od poziomu zaopatrzenia roślin w azot. [Response of winter oilseed rape to sulphur fertilization depending on level of nitrogen supply to plants]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXXIII (2): 245–272.

Wielebski F. 2013. Nawożenie siarką jako istotny czynnik agrotechniczny kształtujący wielkość i jakość plonu rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). Rozprawa habilitacyjna. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Radzików, 182 ss.

Wojcieska U. 1994. Fizjologiczna rola azotu w plonowaniu roślin. Cz. I. Oddziaływanie azotu na plon roślin. Postępy Nauk Rolniczych 1: 115–126.

Zarychta M. 2014. Integrowana produkcja gorczycy białej. Instrukcja upowszechnieniowa nr 202, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, 26 ss.

Zhao F.J., Bilsborrow P.E., Evans E.J., McGrath S.P. 1997. Nitrogen to sulphur ratio in rapeseed and rapeseeds protein and its use in diagnosing sulphur deficiency. Journal of Plant Nutrition 20: 549–558.

Zhao F.J., Hawkesford M.J., McGrath S.P. 1999. Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. Journal of Cereal Science 30: 1–17.

Zielonka R., Szczebiot M. 2001. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na plonowanie gorczycy białej. [Effects of some agronomic factors on *Sinapis alb*a yield]. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXII (1): 59–68.

Strony internetowe:

www.coboru.pl
www.ior.poznan.pl
www.iung.polawy.pl
www.ihar.edu.pl
www.imgw.pl
www.minrol.gov.pl
www.cdr.gov.pl
www.piorin.gov.pl

ISBN 978-83-64655-38-8