ISBN 978-83-64655-23-4

INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Metodyka integrowanej ochrony i produkcji kukurydzy

dla doradców

Poznań 2016

INSTYTUT OCHRONY ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Metodyka integrowanej ochrony i produkcji kukurydzy

dla doradców

Opracowanie zbiorowe pod redakcją:
dr hab. Pawła K. Beresia
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"

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

POZNAŃ 2016

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 hab. Paweł K. Beresia[1] i prof. dr. hab. Marka Mrówczyńskiego[1]

Recenzent:
prof. dr hab. Tadeusz Michalski[3, 8]

Autorzy opracowania:
dr hab. Paweł K. Bereś[1]
prof. dr hab. Marek Mrówczyński[2]
dr hab. Roman Kierzek[2]
prof. dr hab. Paweł Węgorek[2]
prof. dr hab. Danuta Sosnowska[2]
prof. dr hab. Marek Korbas[2]
dr hab. Ewa Matyjaszczyk[2]
prof. dr hab. Hanna Sulewska[3]
prof. dr hab. Józef Adamczyk[4]
dr hab. Piotr Szulc[3]
dr Roman Warzecha[4]
mgr Łukasz Siekaniec[1]
mgr Waldemar Janiak[5]
inż. Adam Paradowski[2]
dr Żaneta Fiedler[2]
dr Paweł Olejarski[2]
dr Krzysztof Krawczyk[2]
dr Katarzyna Trzmiel[2]
dr Joanna Zamojska[2]
dr Grzegorz Pruszyński[2]
mgr Jakub Danielewicz[2]
inż. Henryk Wachowiak[2]
dr Grzegorz Gorzała[6]
mgr Andrzej Obst[7]
mgr Eugeniusz Piątek[8]

Autorzy zdjęć:
dr hab. Paweł K. Bereś[1], prof. dr hab. Marek Korbas[2], dr hab. Piotr Szulc[3], dr inż. Paweł Olejarski[2], prof. dr hab. Marek Tomalak[2], dr Żaneta Fiedler[2], dr Krzysztof Krawczyk[2]

[1]Instytut Ochrony Roślin – PIB, Terenowa Stacja Doświadczalna, Rzeszów
[2]Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań
[3]Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
[4]Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Radzików
[5]Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka
[6]Główny Inspektorach Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa
[7]Wielkopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Poznaniu
[8]Polski Związek Producentów Kukurydzy, Poznań

Korekta redakcyjna:
Zakład Transferu Wiedzy i Innowacji

ISBN 978-83-64655-23-4

Nakład: 50 egz.
Skład i łamanie: Wojciech Szybisty
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 ROLNICZYCH 8
1. Ogólne zasady integrowanej ochrony roślin 8
2. Integrowana ochrona roślin w przepisach prawnych 11
3. Integrowana produkcja roślin rolniczych w przepisach prawnych 13

III. STANOWISKO W ZMIANOWANIU, DOBÓR GLEBY, UPRAWA ROLI, NAWOŻENIE I SIEW 15
1. Stanowisko 15
2. Przygotowanie gleby 17
3. Zintegrowany system nawożenia 18
3.1. Wymagania pokarmowe 18
3.2. Potrzeby nawozowe 19
3.3. Terminy nawożenia 31
3.4. Skutki błędów nawozowych 35
4. Siew kukurydzy 37

IV. HODOWLA I DOBÓR ODMIAN KUKURYDZY DO UPRAWY 42
1. Zasady wpisywania odmian do Krajowego Rejestru 52
2. Porejestrowe Doświadczalnictwo Odmianowe 53
3. Wczesność odmian 54
4. Pożądane cechy u odmian kukurydzy 55

V. REGULACJA ZACHWASZCZENIA 62
1. Najważniejsze gatunki chwastów 62
2. Niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia 68
3. Metody określania liczebności i progi szkodliwości 69
4. Systemy wspomagania decyzji 70
5. Chemiczne metody regulacji zachwaszczenia 71
6. Łączne stosowanie herbicydów z adiuwantami i biostymulatorami 80

VI. OGRANICZANIE SPRAWCÓW CHORÓB 83
1. Ograniczanie sprawców chorób grzybowych 85
1.1. Najważniejsze choroby grzybowe 86
1.2. Niechemiczne metody ochrony 95
1.3. Metody określania liczebności i progi szkodliwości 99
1.4. Systemy wspomagania decyzji 100
1.5. Chemiczne metody ochrony 100
2. Ograniczanie sprawców chorób wirusowych 102
2.1. Najważniejsze choroby wirusowe 103
2.2. Niechemiczne metody ochrony 107
2.3. Metody określania liczebności i progi szkodliwości 109
2.4. Systemy wspomagania decyzji 109
2.5. Chemiczne metody ochrony 109
3. Ograniczanie sprawców chorób bakteryjnych 109

3.1. Najważniejsze choroby bakteryjne 109
3.2. Niechemiczne metody ochrony 114
3.3. Metody określania liczebności i progi szkodliwości 115
3.4. Systemy wspomagania decyzji 115
3.5. Chemiczne metody ochrony 115

VII. OGRANICZANIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ SZKODNIKI ... 116
1. Najważniejsze gatunki szkodników 118
2. Niechemiczne metody ochrony 130
3. Metody określania liczebności i progi szkodliwości 139
4. Systemy wspomagania decyzji 144
5. Chemiczne metody ochrony 147

VIII. SZKODNIKI MAGAZYNOWE I OGRANICZANIE STRAT PRZEZ NIE POWODOWANYCH 151
1. Najważniejsze gatunki szkodników magazynowych 154
2. Niechemiczne metody ochrony 164
3. Metody określania liczebności i progi szkodliwości 169
4. Chemiczne metody ochrony 171

IX. OGRANICZENIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ ZWIERZYNĘ ŁOWNĄ 172
1. Najważniejsze gatunki szkodników 174
2. Niechemiczne metody ochrony 179
3. Chemiczne metody ochrony 180

X. METODY BIOLOGICZNE W INTEGROWANEJ OCHRONIE UPRAW KUKURYDZY ORAZ OCHRONA OWADÓW POŻYTECZNYCH 181

XI. ROLA DORADZTWA W ZAKRESIE WDRAŻANIA ZALECEŃ INTEGROWANEJ PRODUKCJI I OCHRONY ROŚLIN 194

XII. PRZYGOTOWANIE DO ZBIORU, ZBIÓR, TRANSPORT I PRZECHOWYWANIE PLONU 203
1. Zbiór kukurydzy przeznaczonej na ziarno 203
2. Przygotowanie ziarna do przechowywania 207
3. Zbiór i konserwacja kukurydzy przeznaczonej na kiszonkę z całych roślin 213

XIII. WŁAŚCIWY DOBÓR TECHNIKI STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN 216
1. Przechowywanie środków ochrony roślin 216
2. Przygotowanie i wykonanie zabiegów ochrony roślin 217
3. Postępowanie po wykonaniu zabiegu 229

XIV. ZASADY PROWADZENIA DOKUMENTACJI W INTEGROWANEJ OCHRONIE ROŚLIN ORAZ LISTY KONTROLNE W INTEGROWANEJ PRODUKCJI 233

XV. FAZY ROZWOJOWE KUKURYDZY 240

XVI. LITERATURA 245

I. WSTĘP

W Polsce kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.) na skalę komercyjną jest uprawiana od lat 50. XX wieku, z chwilą wdrożenia do uprawy mieszańców liniowych (Adamczyk i wsp. 2010). Aktualnie, obok pszenicy ozimej i rzepaku ozimego, kukurydza należy do najważniejszych roślin rolniczych uprawianych w kraju, a powierzchnia jej zasiewów od 2012 roku przekracza nieco ponad milion hektarów (GUS 2013, 2014, 2015, 2016). Z uwagi na uwarunkowania glebowo-klimatyczne obserwuje się regionalne zróżnicowanie uprawy tej rośliny pod kątem kierunku produkcji. W województwach południowych dominuje uprawa na ziarno, natomiast w województwach północnych przeważa uprawa na kiszonkę (Księżak 2008). Dzięki wszechstronnym możliwościom wykorzystania plonu w różnych gałęziach gospodarki prognozuje się, że w nadchodzących latach areał uprawy kukurydzy może jeszcze wzrosnąć, o ile będą ku temu sprzyjające uwarunkowania makroekonomiczne.

Bez względu na kierunek uprawy kukurydzy, niezmiernie ważne jest uzyskanie wysokiego plonu suchej masy bądź ziarna o jak najlepszych parametrach jakościowych, w tym wolnego od mikotoksyn. Sprostanie temu zadaniu nie jest łatwe m.in. wskutek oddziaływania organizmów szkodliwych, które stanowią dla człowieka naturalną konkurencję o plon. Wraz ze zwiększającym się areałem uprawy kukurydzy, intensyfikacją produkcji, stosowaniem uproszczeń w agrotechnice oraz zmieniającymi się warunkami klimatycznymi wzrosło w ostatnich latach zagrożenie dla tej rośliny ze strony agrofagów (Bereś i Pruszyński 2008). Z przeprowadzonych badań wynika, że w Polsce obecnie zagraża kukurydzy ponad 100 gatunków chwastów, około 400 gatunków patogenów i ponad 50 gatunków szkodników (Mrówczyński 2013).

Z uwagi na rosnące znaczenie gospodarcze agrofagów kukurydzy, konieczne jest minimalizowanie ich negatywnego wpływu na plony przez racjonalnie prowadzoną ochronę roślin. Do tego celu od 1 stycznia 2014 roku jest wykorzystywana tzw. integrowana ochrona roślin, wprowadzona do unijnego prawodawstwa mocą Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/128/WE (Dyrektywa 2009). Polska zobowiązana była do wprowadzenia do praktyki rolniczej programów integrowanej ochrony upraw rolniczych, w tym kukurydzy. Krajowy Plan Działania na rzecz ograniczenia ryzyka związanego ze stosowaniem środków ochrony roślin na lata 2013–2017 ma określić cele i działania zmierzające do zmniejszenia ryzyka

związanego ze stosowaniem pestycydów oraz zależności produkcji rolnej od ich użycia. Głównym tego celem jest ochrona ludzkiego zdrowia przez produkcję bezpiecznej żywności przy minimalnym obciążeniu ekosystemu rolniczego. Stąd potrzeba stworzenia systemu integrowanej ochrony roślin, uwzgledniającego alternatywne metody i techniki dla stosowania pestycydów. Zasady integrowanej ochrony roślin zostały określone w Krajowym Planie Działania na podstawie załącznika III do Dyrektywy 2009/128/WE i sformułowane są następująco:

- nad chemiczne metody zwalczania organizmów szkodliwych przedkładać należy metody biologiczne, fizyczne i inne metody niechemicznie, jeżeli zapewnią one ochronę przed organizmami szkodliwymi;
- występowaniu organizmów szkodliwych należy zapobiegać między innymi przez:
  - stosowanie płodozmianu,
  - stosowanie właściwej agrotechniki,
  - stosowanie odmian odpornych lub tolerancyjnych,
  - stosowanie zrównoważonego nawożenia, wapnowania i nawadniania,
  - stosowanie środków zapobiegających introdukcji organizmów szkodliwych,
  - ochronę i stwarzanie warunków sprzyjających występowaniu organizmów pożytecznych.

Decyzje o wykonaniu zabiegów ochrony roślin powinny być podejmowane w oparciu o monitoring występowania organizmów szkodliwych, z uwzględnieniem progów szkodliwości oraz na podstawie rozpoznawania objawów i faz rozwojowych rośliny uprawnej. Stąd wyjątkowego znaczenia nabiera prawidłowa diagnostyka chwastów, szkodników i chorób roślin, na bazie której powinny być podejmowane wszelkie zabiegi ochronne przy użyciu chemicznych środków ochrony roślin.

Wdrażanie przez producentów rolnych integrowanej ochrony roślin pozwoli na wprowadzenie systemów oceny jakości żywności bazujących na tych zasadach. Działanie zgodne z tymi systemami jest elementem zasady wzajemnej zgodności („cross compliance"), która umożliwi producentom rolnym rozszerzoną sprzedaż i uzyskanie korzyści marketingowych.

Integrowana ochrona roślin jest również podstawowym elementem składowym systemu Integrowanej Produkcji (IP). Jak podaje definicja opracowana przez Międzynarodową Organizację Biologicznego Zwalczania (MOBZ) – „Integrowana produkcja jest systemem prowadzenia gospodarstw, zabezpieczającym produkcję wysokiej jakości środków żywności i innych produktów, wykorzystując zasoby naturalne i mechanizmy regulujące w miejsce środków stanowiących zagrożenie oraz w celu zabezpieczenia zrównoważonego rozwoju" (Boller i wsp. 2004). Integrowana produkcja jest więc takim systemem działalności rolniczej, który jest słuszny zarówno ze względów ekologicznych, ekonomicznych, jak

i społecznych (Häni i wsp. 1998), a zrodziła się w odpowiedzi na nadmierną intensyfikację produkcji rolnej, która prowadziła do skażenia środowiska i zachwiania równowagi w ekosystemach.

Integrowana produkcja kukurydzy odbywa się na zasadach dobrowolności przystąpienia gospodarstwa do takiego systemu. Jest to system certyfikowany, podlegający urzędowej kontroli, którą prowadzi Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa. Poświadczeniem stosowania integrowanej produkcji roślin jest otrzymanie przez gospodarstwo certyfikatu wydawanego na wniosek producenta Certyfikat uprawnia do używania Znaku Integrowanej Produkcji Roślin do oznaczania tych roślin, dla których został wydany (PIORiN 2016).

Dla potrzeb realizowania założeń integrowanej ochrony roślin obowiązującej wszystkich profesjonalych użytkowników środków ochrony roślin, a także producentów kukurydzy prowadzących uprawę zgodnie z zasadami integrowanej produckji, tworzone są specjalne metodyki. Standardowo w odniesieniu do poszczególnych grup agrofagów, w metodykach tych podawane są informacje dotyczące: opisu najważniejszych gatunków szkodliwych, monitoringu występowania, niechemicznych i chemicznych metod ochrony, sposobów określania liczebności i szkodliwości, progów ekonomicznej szkodliwości oraz systemów wspomagania decyzji w ochronie roślin.

Metodyki stanowią transfer najnowszych wyników badań z zakresu ochrony roślin do praktyki, gdyż są ogólnie dostępne dla zainteresowanych. Ich uzupełnieniem są szkolenia i inne prelekcje przeprowadzane w kraju, dotyczące prawidłowej ochrony roślin przed agrofagami w oparciu o wytyczne zawarte w unijnych i krajowych przepisach prawnych.

II. PRZEPISY PRAWNE DOTYCZĄCE INTEGROWANEJ OCHRONY I PRODUKCJI ROŚLIN ROLNICZYCH

Od 1 stycznia 2014 roku w Polsce oraz innych krajach Unii Europejskiej stosowanie zasad integrowanej ochrony roślin stało się obowiązkiem wszystkich profesjonalnych użytkowników ochrony roślin, co zostało zapisane w następujących aktach prawnych: Dyrektywa 2009/128/WE, Rozporządzenie WE/1107/2009, Ustawa z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin (Dz. U. poz. 455). Integrowana ochrona roślin polega na ochronie roślin przed organizmami szkodliwymi, z wykorzystaniem wszystkich dostępnych metod ochrony roślin, 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 naturalne występowanie 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 chroni bioróżnorodność środowiska rolniczego.

Obowiązek przestrzegania zasad integrowanej ochrony roślin przez wszystkich profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin, począwszy od dnia 1 stycznia 2014 roku, wynika z postanowień art. 14 Dyrektywy 2009/128/WE o zrównoważonym stosowaniu środków ochrony roślin oraz Rozporządzenia nr 1107/2009 o wprowadzeniu do obrotu środków ochrony roślin (Rozporządzenie 2009). 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.

1. OGÓLNE ZASADY INTEGROWANEJ OCHRONY ROŚLIN

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 w odpowiednich wypadkach 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 odpowiednimi metodami i narzędziami, jeżeli są one dostępne. Wśród takich narzędzi powinny znaleźć się monitoring pól oraz systemy ostrzegania, prognozowania i wczesnego diagnozowania oparte na solidnych podstawach naukowych, tam gdzie możliwe jest ich zastosowanie, a także doradztwo osób o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych.

Na podstawie wyników działań monitorujących, użytkownik profesjonalny musi zdecydować, czy i kiedy stosować ochronę 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 przedkładać należy zrównoważone metody biologiczne, fizyczne i inne metody niechemiczne, jeżeli zapewniają one zadowalającą ochronę przed organizmami szkodliwymi.

Stosowane pestycydy 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.

Użytkownik profesjonalny 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 interwencje te nie zwiększają ryzyka rozwoju odporności organizmów szkodliwych.

Jeśli wiadomo, że istnieje ryzyko powstania odporności na dany preparat, a nasilenie występowania organizmów szkodliwych wymaga wielokrotnego stosowania pestycydów w uprawie, należy zastosować dostępne strategie przeciwdziałające rozwojowi odporności z jednoczesnym zachowaniem skuteczności zabiegu.

Może to być na przykład stosowanie wielu pestycydów o różnych mechanizmach działania.

Użytkownik profesjonalny powinien sprawdzać efekty zastosowanych metod ochrony roślin, zapisując przeprowadzone zabiegi z użyciem pestycydów oraz 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.

Obowiązek przestrzegania ogólnych zasad integrowanej ochrony roślin wynika bezpośrednio z przepisów art. 55 Rozporządzenia nr 1107/2009/WE. O obowiązku przestrzegania przez profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin ogólnych wymagań integrowanej ochrony roślin informuje także zawarty w art. 35 ust. 3 pkt 1 Ustawy o środkach ochrony roślin z dnia 8 marca 2013 r. (Dz. U. poz. 455). Zgodnie z art. 35 ust. 3 pkt 2 tej ustawy, profesjonalni użytkownicy środków ochrony roślin zostali także zobowiązani do prowadzenia dokumentacji, w której powinni wskazać sposób realizacji wymagań integrowanej ochrony roślin, co najmniej podając przyczyny wykonania zabiegu środkiem ochrony roślin. Wypełnianie tych wymagań będzie kontrolowane przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa, za ich nieprzestrzeganie będą nakładane kary w postaci grzywny orzekanej w oparciu o przepisy o wykroczeniach.

Do rozwoju integrowanej ochrony roślin konieczne są także działania wspierające i upowszechniające ten system, szczególnie udostępnianie rolnikom programów wspomagania decyzji, a także odpowiednich metodyk obejmujących monitorowanie występowania organizmów szkodliwych oraz progi ich ekonomicznej szkodliwości, 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 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 te powinny także wskazywać najbardziej efektywne i bezpieczne techniki aplikacji środków ochrony roślin, a także zawierać wskazówki dotyczące doboru i stosowania środków ochrony roślin w taki sposób, który minimalizuje ryzyko powstawania zagrożeń dla zdrowia ludzi i 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

Integrowana ochrona roślin została wprowadzona do polskiego prawodawstwa ustawą o ochronie roślin z dnia 18 grudnia 2003 r. (Dz. U. nr 133, poz. 849 z 2008 r. – tekst jednolity) (Ustawa 2003). W artykule 4 ustęp 3 podano, że organizmy niekwarantanowe można zwalczać lub ograniczać ich występowanie przez:

- zabiegi agrotechniczne;
- stosowanie roślin odmian tolerancyjnych lub odpornych;
- zwalczanie biologiczne;
- zabiegi środkami ochrony roślin;
- zastosowanie co najmniej dwóch metod zwalczania, wymienionych powyżej, zwanych dalej „integrowaną ochroną roślin", mających na celu ograniczenie stosowania środków ochrony roślin do minimum niezbędnego do utrzymania populacji organizmów szkodliwych na poziomie ograniczającym szkody lub straty gospodarcze.

Ustawa z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin (Dz. U. poz. 455) w artykule 2 pkt 16 podaje, że „integrowana ochrona roślin – sposób ochrony

roślin przed organizmami szkodliwymi polegający na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod ochrony roślin, w szczególności metod niechemicznych, w sposób minimalizujący zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska" (Ustawa 2013).

Na podstawie artykułu 40 ustęp 1 Ustawy o środkach ochrony roślin (Dz. U. poz. 455), 31 marca 2014 roku przyjęto Rozporządzenie w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin (Dz. U. poz. 516) (Rozporządzenie 2014). W paragrafie 2 ustęp 1 Rozporządzenia podano, że środki ochrony roślin na terenie otwartym stosuje się przy użyciu opryskiwaczy, jeżeli miejsce stosowania tych środków jest oddalone co najmniej: 20 m od pasiek, 3 m od zbiorników i cieków wodnych oraz innych terenów nieużytkowych rolniczo i od krawędzi jezdni dróg publicznych, z wyłączeniem dróg publicznych zaliczanych do kategorii dróg gminnych oraz powiatowych. W paragrafie 3 tego Rozporządzenia podano, że środki ochrony roślin na terenie otwartym można stosować, jeżeli prędkość wiatru nie przekracza 4 m/s.

Wymagania dotyczące integrowanej ochrony roślin zostały ujęte w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. (Dz. U. poz. 505) i są zgodne z załącznikiem III do Dyrektywy 2009/128/WE (Dyrektywa 2009; Rozporządzenie 2013e).

Sposób postępowania przy stosowaniu i przechowywaniu środków ochrony roślin został określony w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 maja 2013 r. (Dz. U. poz. 625) (Rozporządzenie 2013g). Według paragrafu 3, przygotowanie środków ochrony roślin do zastosowania przez sporządzenie cieczy użytkowej odbywa się w sposób ograniczający ryzyko skażenia w odległości nie mniejszej niż 20 m od studni, ujęć wody oraz zbiorników i cieków wodnych.

Zabieg z zastosowaniem środków ochrony roślin może być wykonywane przez osoby, które ukończyły szkolenie w zakresie stosowania środków ochrony roślin (art. 41 ustawy z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin – Dz. U. poz. 455). Szczegółowe zasady dotyczące szkoleń w zakresie środków ochrony roślin zostały podane w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 maja 2013 r. (Dz. U. poz. 554) (Rozporządzenie 2013f). W programach szkoleń większy nacisk został położony na zagadnienia związane z wdrażaniem zasad integrowanej ochrony roślin oraz ograniczeniem zagrożeń wiążących się ze stosowaniem środków ochrony roślin, w szczególności ochroną środowiska wodnego oraz owadów zapylających.

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 tak skalibrowany, aby zapewnić prawidłowe stosowanie środków ochrony roślin (art. 48 ustawy z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin – Dz. U. poz. 455). Sprawy badania sprawności technicznej opryskiwaczy zostały ujęte

w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 7 marca 2013 r. (Dz. U. poz. 416) (Rozporządzenie 2013a). Wymagania techniczne dotyczące opryskiwaczy naziemnych oraz agrolotniczych zostały zawarte w Rozporządzeniach z dnia 5 marca i 18 kwietnia 2013 r. (Dz. U. poz. 415 i 504) (Rozporządzenie 2013b).

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 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 zastała wprowadzona ustawą o ochronie roślin z 18 grudnia 2003 r. Następnie ustawa o środkach ochrony roślin 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, albo 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. STANOWISKO W ZMIANOWANIU, DOBÓR GLEBY, UPRAWA ROLI, NAWOŻENIE I SIEW

1. STANOWISKO

Wybór właściwego pola pod uprawę kukurydzy nie jest trudny, gdyż gatunek ten słabo reaguje na stanowisko, jak również na przedplon, natomiast silniej reaguje na zawartość materii organicznej w glebie. Dlatego przed siewem kukurydzy warto pamiętać o wprowadzaniu do gleby materii organicznej (resztki pożniwne, nawozy naturalne, międzyplony). Płodozmian, jak dotąd jest najlepszym systemem uprawy roślin, stabilizującym plony na określonym poziomie. Roślina ta bardzo silnie reaguje na długość dnia i każde opóźnienie terminu siewu wyraźnie odbija się na plonie ziarna i udziale kolb w plonie suchej masy. Kukurydza jest gatunkiem intensywnej uprawy, silnie reagującym na odstępstwa od zalecanej technologii i w takich przypadkach wartość zebranego ziarna może nie pokrywać poniesionych nakładów.

Kukurydza jest gatunkiem wysiewanym na wiosnę, można ją uprawiać po wszystkich przedplonach, gdyż nie ma obawy o terminowe wykonanie uprawy przedsiewnej. Pomimo, że jest mało wymagająca pod względem miejsca w zmianowaniu, jednak w integrowanej ochronie przedplon ma często kluczowe znaczenie. Dobór stanowiska należy wiązać z żyznością gleby. Na glebach żyznych, kompleksów pszennych i żytnich dobrych, można ją z powodzeniem uprawiać po zbożach, natomiast na glebach kompleksu żytniego słabego zasiew kukurydzy powinny poprzedzać rośliny poprawiające stanowisko np. okopowe, strączkowe, mieszanki motylkowych z trawami lub zbożami. Kukurydza dobrze reaguje na nawożenie organiczne i może być uprawiana na oborniku lub w bliskiej odległości od jego wniesienia. Bardzo cennym nawozem naturalnym, poprawiającym stanowisko i jednocześnie zdrowotność roślin kukurydzy jest gnojowica, zwłaszcza bydlęca (Sulewska i wsp. 2007b). Badania wykazały, że niezależnie od rodzaju gleby, procent roślin porażonych głownią kukurydzy był istotnie niższy na polu nawożonym gnojowicą, niż po stosowaniu nawozów mineralnych i innych organicznych. Także ploniarka zbożówka mniej chętnie zasiedlała tak nawożone plantacje.

Wspólna Polityka Rolna UE na lata 2014–2020 zalicza kukurydzę do roślin paszowych, których uprawa nie wymaga obligatoryjnego stosowania płodozmianu. Niemniej jednak należy pamiętać, że gatunek ten w płodozmianie, nawet

uproszczonym, plonuje o 10–20%, a czasami o 30% wyżej niż w monokulturze (Blecharczyk i Pudełko 1997). Rezygnując ze zmianowania rolnik naraża rośliny na działanie czynników stresowych związanych między innymi z występowaniem agrofagów, jak również pogorszeniem jakości siedliska przez jednostronne wyczerpanie składników pokarmowych (Jazic i Sulewska 2007; Sulewska i wsp. 2007a; Sulewska 2008a). W takim przypadku dochodzi do kompensacji chwastów, a w obrębie zwalczanych gatunków mogą pojawiać się rośliny odporne na stosowane substancje czynne. Na polach kukurydzianych następuje także wzrost populacji omacnicy prosowianki i stonki kukurydzianej oraz namnażanie się sprawców chorób.

Po zbiorze kukurydzy na ziarno, na polu pozostają duże ilości słomy, stanowiące z jednej strony cenne źródło materii organicznej i składników pokarmowych, zwłaszcza potasu, z drugiej jednak niosące zagrożenie dla jej uprawy w kolejnych latach. Właściwe i staranne zagospodarowanie resztek pożniwnych stanowiących pierwotne źródło sprawców chorób i miejsce przetrwania szkodników decyduje w dużej mierze o zdrowotności plantacji zakładanej na polu w kolejnych latach.

Kukurydza jest dobrym przedplonem dla innych roślin uprawnych, zwłaszcza jarych. Najlepiej, gdy słoma zostaje rozdrobniona i równomiernie rozprowadzona na powierzchni pola i jesienią przyorana z dodatkiem azotu, który przyspiesza rozwój mikroorganizmów ją rozkładających. Resztki pożniwne są zbyt ubogie w azot (C : N 60 : 1), stąd zachodzi konieczność stosowania dodatkowego nawożenia azotem, jesienią na ściernisko w ilości 6–8 kg N/t słomy, w celu zawężenia tego stosunku do 15–20 : 1, który jest najkorzystniejszy dla mikroorganizmów. W Polsce od wielu lat mamy duży udział zbóż w strukturze zasiewów (wg GUS 2015 – 71,8% w 2014 roku). Kukurydza, zwłaszcza ziarnowa, pozostawiająca na polu dużo materii organicznej, a także uprawiana na oborniku, jest cennym elementem zmianowania, łagodzącym tę niekorzystną sytuację. Zbiór kukurydzy na kiszonkę stwarza szansę terminowego wykonania uprawy pola nawet pod zboża ozime, a ponadto w tym kierunku użytkowania łatwiejsze jest zagospodarowanie resztek pożniwnych. Nie ma tu jednak miejsca korzystne wzbogacenie gleby w materię organiczną, której rola w środowisku glebowym jest nie do przecenienia. Dobrym rozwiązaniem, uwzględniającym zasady integrowanej uprawy roślin, zwłaszcza w płodozmianach wysyconych zbożami, jest wprowadzenie międzyplonu ozimego, np. żyta z wyką kosmatą. Rośliny te wykorzystują do swego rozwoju okres późnej jesieni i wczesnej wiosny, a po ich przyoraniu z powodzeniem można wykonać zasiewy form jarych wielu gatunków roślin. Badania wykazły, że przyoranie takiego międzyplonu, średnio w czterech latach, podnosiło plon ziarna w porównaniu z uprawą nawożoną wyłącznie nawozami mineralnymi, w zależności od klasy gleby o 7% (kl. IIIa) lub o 4,3% (kl. IVb). Wzrastał również plon suchej masy całych roślin kukurydzy o 23,8% (kl. IIIa) lub o 4,8% (kl. IVb) (Sulewska i wsp. 2014a, b).

2. PRZYGOTOWANIE GLEBY

Jednym z ważniejszych zadań uprawy roli pod kukurydzę jest ochrona wody znajdującej się w glebie. Roślina ta bardzo oszczędnie gospodaruje wodą, gdyż na wyprodukowanie 1 kg suchej masy zużywa 358 l wody, podczas gdy pszenica 507 l, a lucerna aż 859 l (Majewski 2016). Mimo oszczędnej gospodarki, gatunek ten z powierzchni 1 ha wykorzystuje ogromne ilości wody, dochodzące do kilku, a nawet kilkunastu milionów litrów. Późny termin siewu sprawia, że często, zwłaszcza w Wielkopolsce i województwie lubuskim, już w maju pojawiają się stresy suszy. Woda powinna być zatem gromadzona i chroniona już w trakcie zabiegów jesiennych oraz w okresie zimy. Podorywkę należy uznać za podstawowy zabieg, którego wykonanie bezpośrednio po zbiorze przedplonu przerywa nieproduktywne parowanie wody z gleby. Retencja, a więc zatrzymywanie wody, zależy od właściwości fizycznych gleby, których nie można zmienić, ale również w bardzo dużym stopniu od zawartości w niej materii organicznej. Decyduje ona także o wartości kompleksu sorpcyjnego gleby, jej żyzności i jest źródłem składników odżywczych dla mikroorganizmów, a następnie dla roślin uprawnych. Stąd rola międzyplonów i nawozów naturalnych/organicznych w uprawie kukurydzy jest nie do przecenienia również w tych aspektach (Sulewska i wsp. 2007a, 2014a, b, 2016).

Klasyczna uprawa kukurydzy zakłada przeprowadzenie orki zimowej, jednak gatunek ten dobrze znosi wszelkie uproszczenia, w tym spłycanie orki, co pozwala ograniczyć ponoszone nakłady. Przy stosowaniu międzyplonów orkę wykonuje się wiosną, odpowiednio wcześnie tak, aby gleba zdążyła odleżeć i nie uległa przesuszeniu przed wysiewem ziarna. Jeżeli przebieg pogody decyduje o skróceniu wiosennego okresu przygotowania pola pod siew, konieczne jest ugniecenie roli przez wałowanie, w przeciwnym razie wschody roślin będą nierównomierne. Uprawę po orce jesiennej, pozostawiającej glebę w ostrych skibach, wiosną rozpoczyna włókowanie, co z reguły ma miejsce na glebach zlewnych. Następnie lub jako podstawowy wiosenny zabieg stosuje się agregat przedsiewny składający się z kultywatora o łapach sztywnych i wału strunowego. Wiosenna uprawa roli powinna być płytka, nie głębsza niż na 4–5 cm. Celem jej jest jak najmniejsze przesuszenie gleby, gwarantujące ziarniakom podsiąkanie wody od dołu przez nieprzerwane kapilary oraz zapewnienie dostępu powietrza od góry. Takie warunki sprzyjają równomiernym wschodom roślin (Sulewska 2004b; Sulewska i wsp. 2007b).

Szerokie międzyrzędzia, narzucone budową kombajnów, sprzyjają erozji wodnej i wietrznej, co przy dużym udziale kukurydzy w strukturze zasiewów może prowadzić do degradacji oraz obniżania żyzności gleby. Wprowadzenie uproszczeń w uprawie roli, aż do siewu bezpośredniego z pominięciem orki, ogranicza bądź nawet całkowicie niweluje ten problem. Stosowanie siewów bezpośrednich nie jest łatwe, wymaga doświadczenia i dużej wiedzy producenta. Zapewnienie

właściwej obsady roślin, obok nawożenia, stanowi największy problem przy takim sposobie siewu kukurydzy. Wieloletnie doświadczenia ścisłe wykazały spadek plonowania kukurydzy przy stosowaniu siewów bezpośrednich (Dubas i wsp. 2012). W praktyce siewy bezpośrednie i uproszczenia w uprawie roli pod kukurydzę stosuje wielu rolników, jednak podstawowym warunkiem powodzenia uprawy jest posiadanie specjalistycznego sprzętu, na zakup którego mogą pozwolić sobie właściciele i dzierżawcy gospodarstw wielkoobszarowych.

W celu ograniczenia erozji i zanieczyszczenia powietrza, w USA wprowadzono ustawę o czystości wód i powietrza, która wymusiła stosowanie technologii chroniących glebę. Powszechnie unika się pozostawiania nie obsianych pól. Szczególnie popularna stała się tam uprawa pasowa (strip till), pozwalająca pogodzić wymagania rośliny z nakazami ochrony gleby, wody i powietrza. Właśnie w uprawie kukurydzy pasowa uprawa roli nabiera coraz większego znaczenia na świecie (Al-Kaisi i Kwaw-Mensach 2007; Piechota 2011). Ograniczenie szerokości uprawionego pasa do mniej niż połowy szerokości międzyrzędzia znacznie zmniejsza koszty, a jednocześnie pozwala na pozostawienie międzyrzędzi zupełnie nienaruszonych. Pierwsze krajowe badania nad tą technologią potwierdziły jej przydatność w warunkach glebowo-klimatycznych Środkowej Europy (Piechota 2011). Jak pokazały badania, po zastosowaniu pasowej uprawy roli, plon ziarna kukurydzy był nieco niższy niż po uprawie tradycyjnej, lecz wyższy niż po uproszczonej uprawie roli. Dodatkową korzyścią w uprawie pasowej i siewie bezpośrednim jest znaczne ograniczenie liczby chwastów w łanie (Piechota i wsp. 2014).

Problemy związane z oddziaływaniem rolnictwa na środowisko naturalne dostrzega również Unia Europejska i w ramach Zasad Wspólnej Polityki Rolnej od 2015 roku wprowadzono program „Zazielenienia". Dbałość o przykrycie gleby przez jak najdłuższą część roku stała się nakazem.

3. ZINTEGROWANY SYSTEM NAWOŻENIA

3.1. WYMAGANIA POKARMOWE

Istotą technologii produkcji roślin uprawnych powinien być taki dobór i zespolenie poziomu wszystkich elementów agrotechniki, w tym również nawożenia, aby gwarantowały one produkcję stabilną w ujęciu jakościowym i ilościowym, racjonalną ekonomicznie i nie degradującą środowiska nturalnego. Przytoczone powyżej stwierdzenie jest bardzo ważne, ponieważ od 1 stycznia 2014 roku w Unii Europejskiej, do ograniczania liczebności i szkodliwości agrofagów wykorzystywana jest integrowana ochrona roślin. Nawożenie roślin uprawnych bardzo dobrze wpisuje się w zasady integrowanej ochrony roślin, ponieważ presja

organizmów szkodliwych na roślinę żywicielską w znacznym stopniu zależy od jej podatności, która z kolei jest pochodną jej stanu odżywienia.

Kukurydza jest rośliną o wysokich wymaganiach pokarmowych, znacznie przewyższających wymagania innych roślin zbożowych. Wymagany w związku z tym wysoki poziom nakładów sprawia, że kukurydza zaliczana jest do roślin intensywnych. Uzyskanie zatem wysokich plonów, przy jednocześnie dobrej ich jakości możliwe jest wyłącznie przy prawidłowo zrównoważonym zaopatrzeniu roślin w składniki pokarmowe w całym okresie wegetacji. Kukurydza uprawiana na ziarno potrzebuje na wytworzenie 1 t suchej masy ziarna wraz ze słomą około 20–32 kg N, 8–10 kg P_2O_5, 22–32 kg K_2O, 4–6 kg Mg, 4–5 kg Ca oraz około 4 kg S. Z kolei kukurydza uprawiana na kiszonkę w przeliczeniu na 1 t zielonej masy części nadziemnych musi pobrać z gleby około 3,5–4,1 kg N, 1,3–1,5 kg P_2O_5, 6,3–7,7 K_2O oraz 0,7–0,9 kg MgO.

3.2. POTRZEBY NAWOZOWE

Kukurydzę cechuje specyficzna dynamika pobierania składników pokarmowych, co prezentuje tabela 1. Jej potrzeby pokarmowe rosną wraz z postępowaniem wegetacji, zwłaszcza w odniesieniu do azotu, którego większą część pobiera podczas rozwoju generatywnego. Większość składników pokarmowych pobieranych jest przez kukurydzę w terminie od 10 dni przed wyrzucaniem wiech, a kończy się na 30 dniu po początku wyrzucania wiech. Ilości składników pokarmowych pobranych podczas tego okresu wynoszą 70–75% N i 60–70% K w stosunku do ilości wymaganej podczas całego okresu wegetacji. Należy jednak stwierdzić, że około połowa wzrostu blaszek liściowych (aparat fotosyntetycznie aktywny) przypada w czasie około dwóch tygodni przed wyrzucaniem wiech, w których to rośliny pobierają 31% N, 28% P i 38% K. Największy wpływ na plonowanie kukurydzy oraz pobieranie składników pokarmowych ma niedobór azotu w glebie. Przy jego braku zmniejsza się o połowę pobieranie fosforu. Z kolei ilość potasu pobranego przez kukurydzę rosnącą w warunkach deficytu azotu stanowi mniej niż 1/3 ilości potasu pobranego w warunkach, gdy azot nie ograniczał pobierania (tab. 2). Znajomość okresów największego zapotrzebowania kukurydzy na określony składnik pokarmowy jest zagadnieniem bardzo ważnym dla prawidłowego odżywienia roślin. Deficyt, względnie błędy w nawożeniu zawsze skutkują zmniejszeniem plonu końcowego, nawet jeśli w późniejszym okresie wegetacji dostępność składników pokarmowych będzie już odpowiednia. U roślin cechujących się dużym potencjałem plonowania, do których należy kukurydza, mogą wystąpić okresowe niedobory w zaopatrzeniu w składniki pokarmowe. Mogą one być spowodowane np. okresową suszą, nadmiarem wilgoci, zbyt niską temperaturą lub niewłaściwym przebiegiem procesów chemicznych w glebie (antagonizm jonowy, sorpcja chemiczna, itp.).

Tabela 1. Względne pobranie podstawowych składników pokarmowych przez kukurydzę

Fazy rozwojowe	Składniki pokarmowe			
	azot N	fosfor P_2O_5	potas K_2O	magnez MgO
Do fazy 4 liścia	2	1	4	3
4 liść do końca kwitnienia	85	73	96	78
Nalewanie ziarna	13	26	0	19

Źródło: Grzebisz (2002)

Tabela 2. Produkcja suchej masy i pobieranie N,P,K, w zależności od zasobności gleby w kg/ha

Zasobność gleby	Całkowita produkcja s.m.	Całkowite pobranie		
		N	P	K
Deficyt N	6460	35	10	32
Deficyt K	14250	158	29	64
Deficyt P	14700	161	23	82
Dostępność NPK	17200	198	33	105

Źródło: Dubas (2004)

Nawożenie azotem w uprawie kukurydzy powinno zakładać jak największą efektywność zastosowanego składnika, którą można uzyskać tylko w warunkach optymalizacji nawożenia z innymi składnikami pokarmowymi (Grzebisz 2009). Aplikacja azotu w uprawie kukurydzy nie jest zagadnieniem prostym, zwłaszcza dla producentów rolnych, którzy traktują tę roślinę jako gatunek uprawny zdolny do wysokiego plonowania w każdych, nawet skrajnie trudnych warunkach. Wbrew tym poglądom, kukurydza jako jeden z nielicznych gatunków mogących asymilować węgiel torem C_4, wymaga nie tylko ciepła, ale także dobrego zaopatrzenia w składniki pokarmowe, przy jednocześnie odpowiednim odczynie gleby (pH 6,0–7,2). Według Grzebisza (2008) azot w uprawie kukurydzy należy stosować w dawce maksymalnej dla realizacji celów produkcyjnych, ale jednocześnie minimalnej, aby zrealizować zadania wynikające z zasad ochrony środowiska (uprawa integrowana, eutrofizacja środowiska naturalnego, itp.).

Podstawą uzyskania wysokiego plonu kukurydzy są warunki wzrostu w fazie młodocianej (BBCH 15–16) (Adamczewski i Matysiak 2002), w której kształtuje się pierwotna struktura plonu ziarna. Drugą krytyczną fazą zapotrzebowania kukurydzy względem azotu jest okres od fazy BBCH 16–17 do stadium pełni formowania się wiechy. Należy pamiętać, że niedobór azotu nie zawsze wynika z fizycznego braku składnika w glebie, lecz często z niedostatecznego odżywienia

potasem, którego deficyt prowadzi do zbyt wolnego wzrostu. Wzrost plonów kukurydzy wynikający z większej efektywności azotu prowadzi zawsze do większego jednostkowego zużycia potasu (tab. 3). Wskazuje na zasadę efektywnej gospodarki azotem przez kukurydzę, która w pierwszej kolejności opiera się na optymalnym odżywieniu potasem, co prowadzi do wzrostu jednostkowej produkcyjności azotu.

Tabela 3. Wartości stosunku N : K dla kukurydzy plonującej na różnym poziomie plonu

Kukurydza	Plon i pobranie składników					
	[t/ha]	N [kg/ha]	K_2O [kg/ha]	[t/ha]	N [kg/ha]	K_2O [kg/ha]
	6,3	**163**	**119**	**9,5**	**191**	**235**
Stosunek N : K	N : K 1 : 0,73			N : K 1 : 1,23		

Źródło: Grzebisz (2002)

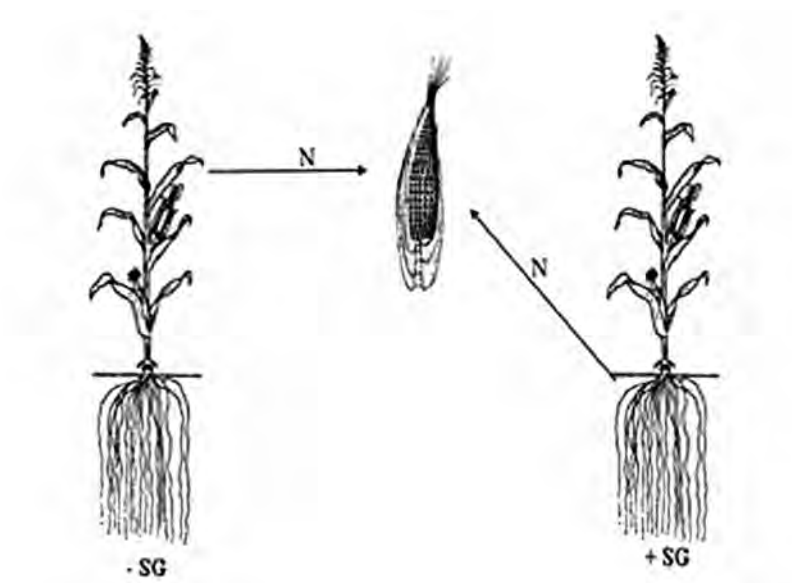
Najbardziej precyzyjnym sposobem wyliczenia wielkości dawki azotu pod kukurydzę jest wykonanie bilansu tego składnika. W metodzie tej uwzględnia się: jakość i rodzaj gleby, mineralizację materii organicznej powstałej z resztek pożniwnych, zastosowane nawozy organiczne i potrzeby wapnowania. Jednak zdecydowanie lepszą metodą określenia zasobności gleby w azot mineralny jest przeprowadzenie testu N_{min}. Polega on na oznaczeniu wiosną dwóch form azotu: NO_3 (forma azotanowa) i NH_4 (forma amonowa) w 60 cm profilu gleby. Znając ilość azotu mineralnego w glebie oraz jednostkowe zapotrzebowanie kukurydzy względem tego składnika, można przystąpić do wyliczenia wielkości dawki azotu (tab. 4). Dobór nawozu azotowego powinien przede wszystkim uwzględniać cenę za czysty składnik i składniki towarzyszące, gdyż kukurydza nie jest wymagająca co do formy tego składnika. Należy jedynie uważać, aby na krótko przed siewem kukurydzy nie stosować zbyt wysokich dawek azotu w formie amonowej (NH_4), gdyż forma ta, szczególnie w środowisku zasadowym, łatwo przechodzi w amoniak (NH_3), co z jednej strony prowadzi do strat tego składnika z gleby, a z drugiej może prowadzić do zakłócenia wschodów.

Tabela 4. Uproszczona metoda ustalenia wielkości dawki azotu w oparciu o zawartość tego składnika w glebie dla produkcji 10 t ziarna suchego kukurydzy

90 kg N_{min} w glebie w profilu 0–60 cm	Zapotrzebowanie: 10 t ziarna × 30 kg N = 300 kg N/ha 90 kg N_{min} × 2 (mineralizacja latem) = 180 kg N/ha 300 kg N/ha – 180 kg N/ha = 120 kg N/ha
Objaśnienia (Grzebisz 2009): ilość N_{min} należy zwiększyć o około 1,5–2 razy z tytułu zwiększonej mineralizacji w okresie letnim	

Źródło: Szulc (2014)

Bardzo ważnym spostrzeżeniem w przypadku opracowania technologii nawożenia kukurydzy azotem jest rozpoznanie profilu genetycznego (typu mieszańca) wybranej odmiany do uprawy. Klasyczny model pobierania azotu przez kukurydzę polega na tym, że rośliny akumulują od 85–100% potrzebnego składnika w fazie wzrostu wegetatywnego, natomiast podczas fazy nalewania ziarna zachodzi proces remobilizacji związków organicznych azotu z zasobów zgromadzonych w fazie wzrostu wegetatywnego i niewielkie pobranie z zasobów glebowych (Grzebisz 2008). Powyższe rozważania dotyczą wyłącznie odmian klasycznych, nie będących w typie „stay-green". Indeks remobilizacji (przemieszczania) azotu, jak i innych składników pokarmowych dla odmiany klasycznej jest dodatni tzn. że w fazie wzrostu generatywnego (nalewania ziarna) odmiana ta korzysta wyłącznie z zasobów zgromadzonych w fazie wzrostu wegetatywnego. Z kolei zachowanie odmiany typu „stay-green" względem azotu jest diametralnie odmienne. Indeks remobilizacji, przemieszczania tego składnika jest ujemny. Świadczy to o tym, że głównym źródłem akumulacji azotu dla odmian w typie „stay-green" w fazie wzrostu generatywnego są zasoby glebowe (rys. 1). Takie zachowanie roślin kukurydzy typu „stay-green" powinno implikować system nawożenia wyłącznie nawozami azotowymi wolnodziałającymi, np. mocznikiem, siarczanem amonu, względnie stosowaniem azotu w systemie dawek dzielonych (Szulc i wsp. 2012a, b). Można zastosować np. 50 kg azotu rzędowo przed siewem kukurydzy, a resztę pogłównie w fazie BBCH 15–16. Brak azotu w glebie w okresie dojrzewania kukurydzy typu



Rys. 1. Schemat remobilizacji (przemieszczania) azotu w okresie nalewania ziarna w zależności od typu mieszańca kukurydzy; SG – efekt „stay-green" (Szulc i wsp. 2012a, b)

„stay-green" jest zatem klasycznym przykładem prawa minimum. W myśl tej reguły nie jest możliwa eksploatacja potencjału plonotwórczego uprawianej rośliny przy niedoborze nawet pojedynczego składnika mineralnego. Z powyższych rozważań jednoznacznie wynika, że uwalnianie azotu z nawozów azotowych wolnodziałających przebiega zgodnie z dynamiką zapotrzebowania tego typu odmian względem azotu.

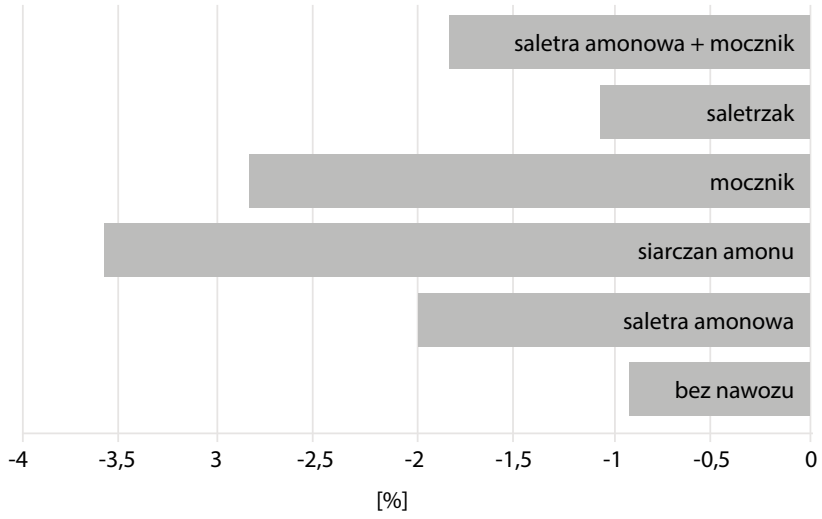
Mieszańce kukurydzy z efektem „stay-green" są szczególnie przydatne do uprawy na glebach słabszych, gorzej magazynujących wodę, na których susza jest zjawiskiem bardzo częstym. Wówczas takie odmiany są mniej podatne na przedwczesne podsychanie roślin. Wyższa tolerancja na susze warunkowana jest lepiej rozwiniętym systemem korzeniowym. Skoro w okresie rozwoju generatywnego decydującą rolę odgrywa azot glebowy, to roślina musi mieć dobrze rozwinięty i wykształcony system korzeniowy, bo to warunkuje jej plonowanie. Ważna jest przy tym także wyższa tolerancja na choroby fuzaryjne (tab. 5), które atakują szczególnie kukurydzę w warunkach stresowych (np. susza). Osłabione rośliny są bardziej podatne na działanie czynników chorobotwórczych. Takiego niebezpieczeństwa nie ma w przypadku odmian typu „stay-green". Na nawozach wolno działających, takich jak: siarczan amonu i mocznik, przewaga odmiany typu „stay-green" nad odmianą klasyczną pod względem porażenia roślin przez grzyby z rodzaju *Fusarium* jest istotnie większa (rośliny zdrowsze) niż na obiektach: bez stosowania nawozu azotowego, saletrze amonowej, saletrzaku Canwil i mieszaninie saletry amonowej z mocznikiem z 50% udziałem każdego z nawozów w dawce nawozu (rys. 2). Uprawę odmian „stay-green" kukurydzy można więc uznać za jeden z elementów integrowanej ochrony roślin.

Tabela 5. Analiza porównawcza podatności typów odmian kukurydzy na choroby

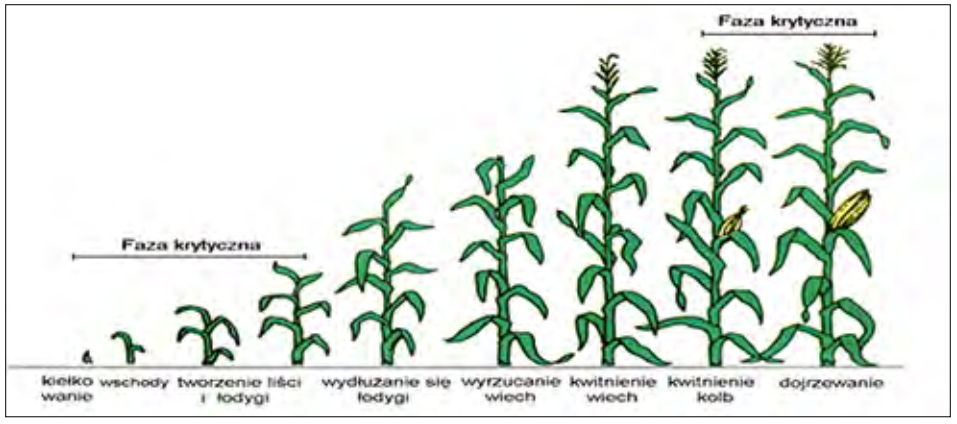
Mieszaniec	*Fusarium* ssp. [%]	Głownia guzowata [%]
Bez efektu SG	6,91	3,75
Z efektem SG	4,88	1,01

SG – efekt „stay-green"
Źródło: Szulc (2013)

Kukurydza odznacza się specyficzną dynamiką pobierania fosforu. Niewielkie jego ilości pobiera w początkowych fazach rozwojowych. Makroelement ten pobierany jest przez kukurydzę z gleby już od początku wegetacji, ponieważ w 2 tygodnie po skiełkowaniu zapasy fosforu w ziarnie zostają wyczerpane. Jednak w miarę upływu okresu wegetacji pobieranie wzrasta i trwa aż do momentu dojrzałości pełnej ziarna (nalewanie ziarna). Stąd krytyczne fazy zapotrzebowania na ten składnik pokarmowy przypadają na okres początkowego rozwoju, czyli od kiełkowania do fazy BBCH 16–18 oraz w okresie dojrzewania (rys. 3).



Rys. 2. Porażenie roślin kukurydzy przez grzyby rodzaju *Fusarium* w zależności od rodzaju nawozu azotowego oraz typu mieszańca kukurydzy, wyrażone różnicą porażenia pomiędzy odmianą typu „stay-green" a mieszańcem tradycyjnym (Szulc 2013a)

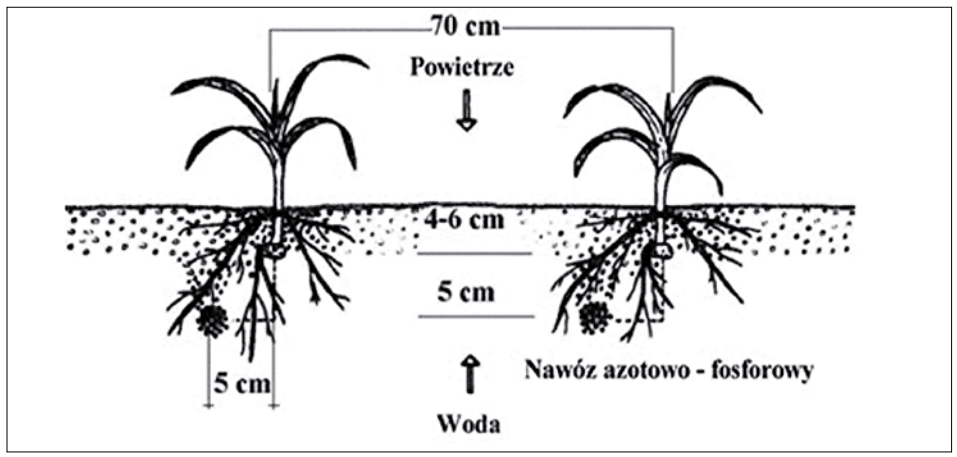


Rys. 3. Krytyczne fazy zapotrzebowania kukurydzy względem fosforu (Szulc 2003)

Pod kukurydzę można zastosować wszystkie dostępne w kraju nawozy fosforowe w postaci superfosfatów, natomiast na glebach lżejszych superfosfat magnezowy. Należy jednocześnie pamiętać, że jednym ze sposobów zwiększenia dostępności fosforu dla kukurydzy jest utrzymanie odczynu gleby na pograniczu lekko kwaśnego i obojętnego. W zakresie takiego odczynu gleby fosfor jest najłatwiej dostępny dla roślin i wówczas rodzaj nawozu fosforowego nie odgrywa już tak istotnej roli.

Ustalając wielkość dawki fosforu należy zrealizować dwa cele (Grzebisz 2012):
- pokryć bieżące potrzeby pokarmowe przez dostarczenie do gleby tyle fosforu ile pobiera z plonem i wynosi z pola,
- uzupełnić rezerwy fosforu w glebie do poziomu minimum średniego.

Skutki głodu fosforowego występują tym silniej, im gleba jest mniej zasobna w ten składnik, bardziej kwaśna oraz w przypadku jednostronnego nawożenia azotem. Dodatni wpływ nawożenia fosforem uzyskuje się na glebach o niskiej zasobności, oraz kiedy w okresie wegetacji panują optymalne warunki meteorologiczne. Kukurydza, pomimo że jest rośliną późnego siewu, jest wrażliwa na niską temperaturę w początkowych fazach rozwojowych. Konsekwencją takiego stanu rzeczy jest ograniczone pobieranie składników pokarmowych, zwłaszcza fosforu. Ograniczone pobieranie fosforu w niskiej temperaturze gleby spowodowane jest osłabieniem aktywności korzeni, zmniejszoną przepuszczalnością błon cytoplazmatycznych i większa lepkością wody. W takich warunkach zaopatrzenie kukurydzy względem fosforu jest ograniczone lub całkowicie niemożliwe. Tym niekorzystnym zjawiskom można przeciwdziałać zwiększając stężenie fosforu w bezpośredniej bliskości korzeni, przez nawożenie startowe (rzędowe). Taki sposób stosowania nawozów wymaga jednak dodatkowego zamontowania na siewniku aplikatora do wysiewu nawozów granulowanych. Aktualnie nie jest to problem, ponieważ 95% siewników jest wyposażonych w taki aplikator. Pozwala on, podczas jednego przejazdu siewnika, umieścić nawóz 5 cm głębiej i w odległości 5 cm w bok od nasion (rys. 4). Taka metoda aplikacji fosforu ma kilka zalet. Są to: wolniejsze tempo uwsteczniania składników pokarmowych w glebach o niskiej zasobności, duże stężenie składników w strefie gleby intensywnie przerośniętej korzeniami, korzystniejsze warunki wodne w strefie lokalizacji granuli nawozu,



Rys. 4. Schemat startowego sposobu stosowania fosforu (Szulc 2003)

większe wykorzystanie nawozu w roku zastosowania. Lokalny wzrost stężenia nawozu może prowadzić do uszkodzenia kiełkujących nasion, dlatego należy zwrócić uwagę na prawidłowość jego wysiewu (Grzebisz i Gugała 1999).

Z badań przeprowadzonych w Katedrze Agronomi Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wynika, że efektywność nawożenia rzędowego uzależniona jest od przebiegu pogody w całym okresie wegetacji. Korzystne oddziaływanie nawożenia startowego na wzrost i rozwój kukurydzy w początkowym okresie wegetacji, nie przekłada się we wszystkich latach na istotnie wyższy plon końcowy w stosunku do nawożenia rzutowego. Kukurydza jest rośliną, która w sprzyjających warunkach środowiskowych potrafi w krótkim czasie zrekompensować zaległości rozwojowe powstałe we wcześniejszych fazach rozwoju (typ fotosyntezy C_4). W latach, w których przebieg pogody uniemożliwia roślinom zrekompensować zaległości w rozwoju powstałe w początkowym okresie wegetacji, w wyniku rzutowego sposobu wysiewu fosforu efektywność nawożenia rzędowego jest wysoka. Natomiast w latach, w których w drugim okresie wegetacji przebieg pogody jest korzystny dla wzrostu i rozwoju kukurydzy, różnice w plonach końcowych wynikające ze sposobu nawożenia uwidaczniają się w mniejszym stopniu.

Do nawożenia startowego należy używać najlepiej nawozów dwuskładnikowych, zawierających azot i fosfor, np. fosforan amonu (polidap). Kombinacja tych dwóch składników zwiększa pobieranie fosforu przez kukurydzę w początkowych fazach rozwojowych (rys. 5). Należy jednak pamiętać, iż szybkość absorpcji (pobierania) fosforu zależy od formy w jakiej roślina pobiera azot. Przy odżywianiu roślin azotem amonowym $N\text{-}NH_4$ następuje wydzielanie z komórek do roztworu glebowego H^+, powodując jego zakwaszenie, co z reguły zwiększa stężenie

Rys. 5. Kukurydza w fazie 9−10 liści [po lewej − kontrola (0 kg P_2O_5/ha), w środku − nawożenie rzutowe (70 kg P_2O_5/ha polidap), po prawej − nawożenie rzędowe (70 kg P_2O_5/ha polidap] (Kruczek i Szulc 2005)

fosforu oraz tempo jego absorpcji. Przy żywieniu formą azotanową $N\text{-}NO_3$ z komórek wydzielają się jony HCO_3^- i OH^-, powodując alkalizację roztworu glebowego i zmniejszając jednocześnie absorpcję fosforu. Przy niedoborze fosforu w środowisku odżywczym rośliny pobierają mało azotu, natomiast przy zbyt wysokiej dawce fosforu pobieranie azotu jest ograniczone. Dlatego wyłącznie odpowiedni dla danej rośliny stosunek N : P zapewnia prawidłowy jej wzrost i rozwój. Najlepszy stosunek N : P występuje w fosforanie amonu (polidap), co zaprezentowano w tabeli 6.

Tabela 6. Plon ziarna kukurydzy w zależności od stosunku N : P w nawozie mineralnym

Rodzaj nawozu	Stosunek N : P	Plon ziarna [dt/ha]
Hydrofoska 16	1 : 0,44	89,02
Amofoska	1 : 1,74	89,64
Polifoska 8	1 : 1,31	89,36
Fosforan amonu	1 : 1,11	91,85
Saletra amonowa	–	86,48
Mocznik	–	86,41

Źródło: Kruczek (2005a, b)

O efektywności nawożenia startowego (rzędowego) decyduje ponadto dobór odmian. Wśród odmian występują mieszańce konsekwentnie reagujące zwyżką plonu ziarna na nawożenie startowe, ale są także odmiany obojętnie reagujące na taki system aplikacji nawozu. Najprawdopodobniej wiąże się to ze zróżnicowaną wrażliwością na warunki termiczne oraz różną dynamiką początkowego rozwoju systemu korzeniowego. Nawożenie startowe (rzędowe) kukurydzy pozwala na ograniczenie dawek nawozów mineralnych oraz lepsze ich wykorzystanie przez rośliny, czego dowodem jest zwiększone plonowanie. W oparciu o dane prezentowane w tabeli 7. można jako w miarę pewny przyjąć przyrost plonu ziarna na poziomie 2 dt/ha, przy jednoczesnym zmniejszeniu wilgotności ziarna około 1%.

Potas najintensywniej pobierany jest przez kukurydzę od fazy BBCH 15–16 do fazy kwitnienia, po czym zapotrzebowanie na ten składnik stopniowo maleje. Przed ukazaniem się znamion względne pobieranie potasu jest większe niż względny przyrost suchej masy. W tym okresie kukurydza jest bardzo wrażliwa na niedobór wody. Ujemne sprzężenie obu tych czynników prowadzi do drastycznej redukcji plonów kukurydzy uprawianej zarówno na ziarno, jak i kiszonkę. Dostatecznie wysoka zasobność gleby w potas pozwala kukurydzy efektywnie gospodarować wodą, co ma wpływ na kwitnienie kukurydzy i zawiązywanie ziarniaków.

Punktem wyjścia do ustalenia wielkości dawki potasu pod kukurydzę jest ustalenie zasobności gleby w ten składnik. W Polsce zasobność gleb uprawnych

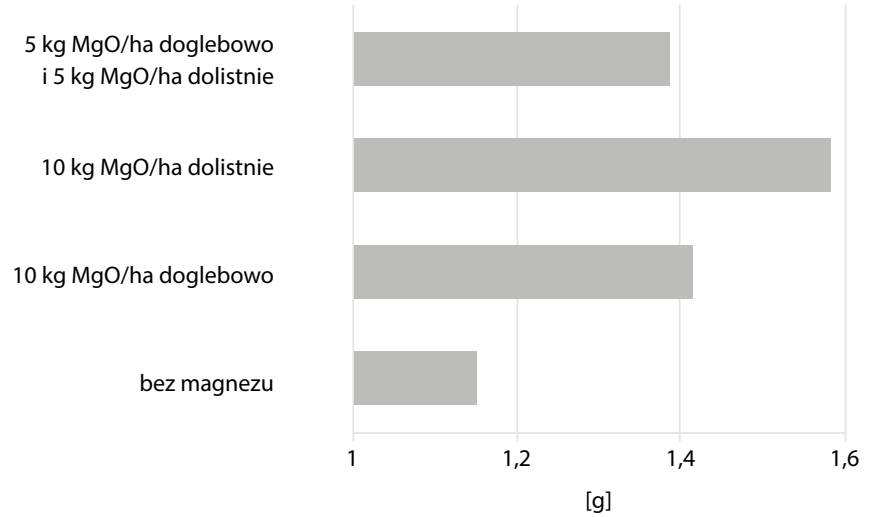
Tabela 7. Wpływ sposobu aplikacji nawozów fosforowych na plony i wilgotność ziarna kukurydzy

Sposób nawożenia	Lata				Średnio
	2000	2001	2002	2003	
Plon ziarna [dt/ha]					
Rzutowo	91,5	94,6	58,6	105,7	87,6
Rzędowo	94,0	94,8	60,1	107,2	89,0
Wilgotność ziarna [%]					
Rzutowo	33,0	27,3	28,5	22,6	27,9
Rzędowo	32,3	27,0	28,1	22,4	27,5

Źródło: Kruczek i Szulc (2005)

w potas ocenia się na podstawie zawartości przyswajalnej formy tego składnika, przy pomocy metody Egnera-Riehma. Oprócz zasobności w fosfor, bardzo ważna jest również kategoria agronomiczna gleby. Znając zasobność gleby, wymagania pokarmowe, wielkość spodziewanego plonu oraz jego przeznaczenie, można w pełni zbilansować potrzeby pokarmowe kukurydzy względem potasu.

Kukurydza należy do roślin o dużych potrzebach pokarmowych względem magnezu. W ciągu roku pobiera od 30 do nawet 70–80 kg MgO/ha. Niedobór magnezu występuje najczęściej w niekorzystnych warunkach klimatycznych oraz przy złej strukturze gleby. Wybór nawozu magnezowego uzależniony jest od odczynu gleby i jej zasobności w ten składnik. Na gleby kwaśne zaleca się stosować nawozy wapniowo-magnezowe, na gleby o uregulowanym odczynie, lecz o małej zasobności w Mg nawozy magnezowo-siarczanowe, natomiast na gleby o uregulowanym odczynie i średniej zasobności w Mg, nawóz magnezowy należy stosować z nawożeniem podstawowym NPK + Mg. Zapotrzebowanie kukurydzy na magnez może być pokryte np.: kizerytem, kainitem oraz wapnowaniem pól nawozami wapniowymi zawierającymi w swoim składzie magnez, np.: dolomit, wapno magnezowo-tlenkowe, wapno magnezowo-węglanowe (odkwaszanie gleby + uzupełnienie magnezu). Optymalnym terminem stosowania nawozów magnezowych jest ich wysiew jesienią pod orkę przedzimową. Magnez w uprawie kukurydzy można stosować również dolistnie (Szulc i wsp. 2011). Taka metoda aplikacji należy do najbardziej efektywnych, ponieważ w razie jego deficytu w roślinie można w bardzo prosty sposób usunąć objawy niedoboru. W przypadku roślin zbożowych, w tym również kukurydzy, dolistne stosowanie magnezu zalecane jest w dwóch krytycznych fazach wzrostu, tj. w fazie BBCH 15–18 oraz w okresie po kwitnieniu, aż do uzyskania pełnej dojrzałości. W pierwszym okresie pobranie magnezu nie może nadążyć za szybkim wzrostem elongacyjnym rośliny, co w konsekwencji prowadzi do spadku stężenia magnezu w roślinach, powodując jego niedobory. Magnez zaaplikowany wówczas bezpośrednio na liść w formie

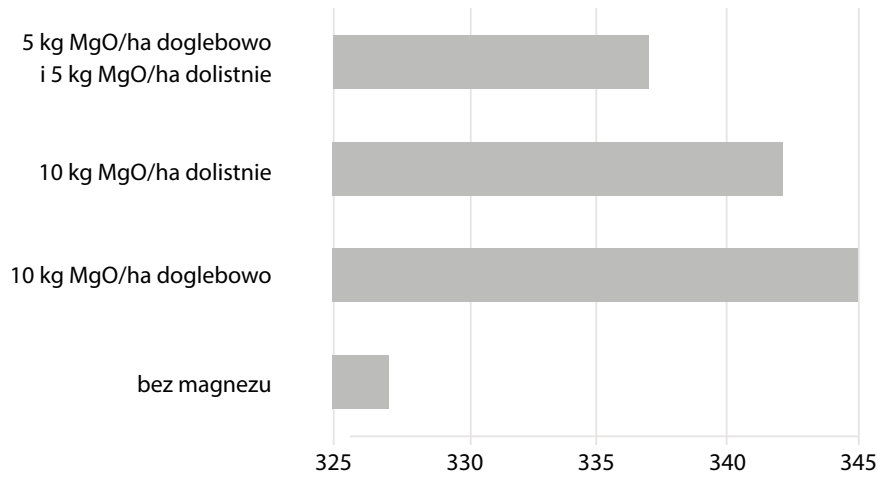


Rys. 6. Sucha masa pojedynczej rośliny kukurydzy w fazie 7–8 liści w zależności od sposobu stosowania magnezu (Szulc i wsp. 2011)

oprysku, działa niemal natychmiast i w tych miejscach gdzie składnik pokarmowy jest potrzebny. Tym należy również tłumaczyć większą efektywność dolistnej aplikacji magnezu, w porównaniu do nawożenia doglebowego w młodocianej fazie rozwojowej kukurydzy (rys. 6).

Z kolei w drugim krytycznym okresie zapotrzebowania na magnez, produkowane w liściach asymilaty są transportowane w postaci sacharozy do nasion i tam służą do produkcji skrobi. Stąd też im dłużej liście pozostają zielone, tym dłuższy będzie okres transportowania asymilatów do plonu generatywnego (ziarno). Należy zaznaczyć, iż rośliny zbożowe pobierają i akumulują w ziarnie małą ilość magnezu z gleby. Większość tego składnika pochodzi z przemieszczenia z plonu wegetatywnego jakim są łodygi i liście. Dolistne stosowane magnezu może zwiększyć zatem wielkość plonu generatywnego kukurydzy, przez wzrost np. masy tysiąca ziaren, jednego z komponentów plonowania (rys. 7). Przeprowadzone w Katedrze Agronomi UP w Poznaniu badania wykazały jednoznacznie, że uwzględnienie magnezu w nawożeniu kukurydzy poprawiło efektywność stosowanego NPK (tab. 8). We wczesnych fazach wzrostu kukurydzy korzystniejsze dla roślin było stosowanie dolistne magnezu, natomiast w pełnej dojrzałości podobne efekty dały obydwa sposoby aplikacji magnezu z tendencją przewagi dla stosowania doglebowego (Szulc i wsp. 2011). Do dolistnego nawożenia kukurydzy magnezem najlepiej zastosować siedmiowodny siarczan magnezu (sól gorzka).

Wapń jest składnikiem pokarmowym występującym w glebie w wystarczających dla kukurydzy ilościach. Niedobór jego może wystąpić jedynie przy wysokim nawożeniu mineralnym NPK, co objawia się zwijaniem i sklejaniem liści.



Rys. 7. Wpływ różnej metody aplikacji magnezu na masę tysiąca ziaren kukurydzy (Szulc i wsp. 2011)

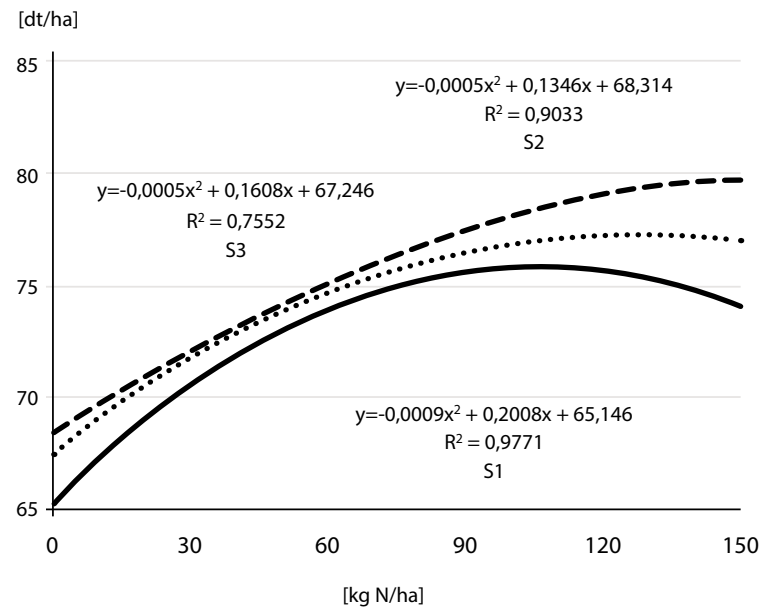
Należy jednak pamiętać, że wapnowanie pól jest zabiegiem wyłącznie polepszającym strukturę gleby, zwiększającym aktywność mikrobiologiczną i przyswajalność składników pokarmowych (np. dostępność fosforu w odczynie lekko kwaśnym i obojętnym).

Siarka jest ważnym składnikiem pokarmowym, niezbędnym dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Spadek emisji dwutlenku siarki w ostatnich latach, wysokie plony roślin i stosowanie przez dłuższy czas nawozów pozbawionych tego składnika, w większości rejonów kraju pogorszyło zaopatrzenie roślin w siarkę. Ponadto zmniejszenie nawożenia organicznego o prawie 50%, w tym obornika, z którym w dawce 10 t/ha wprowadzano około 8 kg siarki elementarnej, spowodowało zubożenie gleb w ten makroelement. Przy niedoborze siarki obniża się zawartość białka w roślinie, czego wyraźnym symptomem jest zahamowanie wzrostu. Niedobór siarki ponadto prowadzi do obniżenia efektywności i wykorzystania azotu z nawozów azotowych. Każdy brakujący 1 kg siarki na hektarze powoduje, że średnio ok. 15 kg zastosowanego azotu nie zostaje wykorzystane przez rośliny. Kukurydza należy do roślin o stosunkowo małym zapotrzebowaniu na siarkę, ale jest rośliną wysoko produkcyjną, pobierającą duże ilości składników pokarmowych, w tym również siarki (35–50 kg S/ha). Przy ustalaniu wielkości dawki siarki powinno uwzględniać się zasobność gleby oraz potrzeby względem tego składnika. Należy jednak pamiętać, że zbyt wysokie nawożenie siarką prowadzi do obniżenia plonowania i strat składnika. Właściwie dobrane dawki siarki są szczególnie ważne w przypadku stosowania wysokich dawek azotu, bowiem siarka wpływa nie tylko na wzrost plonowania, ale i wykorzystanie azotu (rys. 8).

Tabela 8. Wielkość plonu ziarna kukurydzy w zależności od zróżnicowanego nawożenia magnezowo-siarkowego

Poziomy czynnika	Plon ziarna	
	[dt/ha]	przyrost plonu [%]
NPK	68,41	100,0
NPK + 25 kg MgO + 20 kg S	75,76	110,7
NPK + 50 kg MgO + 40 kg S	72,29	105,7
NPK + 20 kg S	74,15	108,4
NPK + 40 kg S	73,22	107,0
NIR (0,05)	3,214	–

Źródło: Szulc i wsp. (2008a)



Rys. 8. Wielkość plonu ziarna w zależności od współdziałania azotu z siarką elementarną [S1–0, S2–20, S3–40 kg S/ha] (Szulc i wsp. 2012a, b)

3.3. TERMINY NAWOŻENIA

W związku z tym, że pobieranie azotu w początkowym okresie wegetacji kukurydzy jest niewielkie, duże znaczenie ma nie tylko jego dawka, ale również termin aplikacji. Ponadto, ze względu na swoistą dynamikę pobierania azotu przez kukurydzę, dawka azotu powinna być podzielona i stosowana w dwóch terminach.

Fot. 1. Deficyt fosforu na kukurydzy, fioletowe przebarwienia łodyg, słabo wykształcona i zaziarniona kolba (fot. P. Szulc)

Fot. 2. Antocyjanowe zabarwienie roślin w fazie zbioru – konsekwencja deficytu fosforu (fot. P. Szulc)

Fot. 3. Objawy niedoboru magnezu – widoczne na starszych liściach przebarwienia między nerwami blaszek liściowych (fot. P. Szulc)

Fot. 4. Zaburzenia w gospodarce fosforem (fot. P. Szulc)

Fot. 5. Zakłócenia gospodarki wodnej i azotowej rośliny (fot. P. Szulc)

Fot. 6. Chloroza V-kształtna – konsekwencja niedoboru azotu (fot. P. Szulc)

Pierwsza, przedsiewna część dawki powinna wynosić około 60–70% całkowitego zapotrzebowania kukurydzy względem tego składnika. Jeżeli gleba jest lekka, o słabym kompleksie sorpcyjnym, wówczas wielkość dawki należy zmniejszyć. Pozostałą część azotu należy zastosować w okresie od wschodów do fazy BBCH 16–17. W tej fazie można wykonać ocenę stanu odżywienia roślin i w razie potrzeby przeprowadzić korektę nawożenia. Podczas wysiewania drugiej dawki azotu (tzw. pogłównej) bardzo ważne jest przestrzeganie kilku zasad:

- zabiegu nie należy opóźniać, chyba że rolnik dysponuje specjalistyczną maszyną do stosowania nawozów mineralnych gdy rośliny są wysokie;
- zabieg należy wykonać, gdy rośliny są suche. Granule nawozu nie powinny zatrzymywać się na roślinach, ale bezpośrednio opadać na powierzchnię gleby. W przeciwnym razie może dojść do poparzenia roślin, ponieważ rozpuszczające się w wodzie granule nawozu tworzą krople silnie stężonego roztworu, który działa toksycznie na tkankę roślinną;
- do pogłównego nawożenia kukurydzy azotem należy stosować nawozy szybko działające, np. saletrę amonową lub saletrę wapniową. Saletra wapniowa bardzo korzystnie wpływa na pobieranie przez kukurydzę magnezu. Zatem wskazane jest stosowanie tego nawozu w uprawie na ziarno.

Do pogłównego nawożenia kukurydzy należy stosować nawozy azotowe szybko działające. Całkowitą dawkę azotu można podzielić i aplikować również w inny sposób. Pierwszą, w ilości około 20–30 kg zastosować jednocześnie z siewem nasion (nawożenie rzędowe, startowe), natomiast resztę pogłównie. Stosowanie azotu w bezpośredniej bliskości nasion może budzić jednak pewne obawy, ze względu na możliwość wystąpienia lokalnego wzrostu stężenia nawozu zakłócającego wschody roślin. Znane są bowiem przypadki całkowitego zniszczenia wschodów kukurydzy przez nadmierne dawki nawozów aplikowanych tą metodą. Winą za to można po części obciążyć rozwiązania konstrukcyjne siewnika, gdzie redlica siewna niezbyt dokładnie odwzorowuje pracę redlicy nawozowej, w efekcie czego nawóz umieszczany jest wyżej i bliżej nasion zwiększając tym samym zasolenie gleby.

Stosowanie wyłącznie jednej dawki azotu wysiewanej tradycyjnie przed siewem kukurydzy, powinno być przeprowadzone wyłącznie na glebach ciężkich lub średnich. W nawożeniu przedsiewnym w jednej dawce najlepiej zastosować nawozy azotowe wolniej działające (mocznik, siarczan amonu), na około 2 tygodnie przed siewem kukurydzy. Nawożenie kukurydzy mocznikiem jest bardzo wskazane, co wynika z kilku powodów. Pierwszym jest wzajemna synergia pobierania formy NH_4 oraz fosforu. Kolejny powód to mniejsza ilość energii potrzeba roślinie do pobrania formy amidowej i wykorzystania przez rośliny. Kolejnym powodem preferującym nawożenie kukurydzy mocznikiem jest łatwość podania tego nawozu oraz wymieszanie go z glebą. Zabezpiecza to przed stratami azotu w postaci amoniaku, a jednocześnie uniezależnia od ewentualnego powierzchniowego przesuszenia gleby. W ostatnim okresie producenci kukurydzy stosują mocznik wzbogacony o inhibitory jego rozkładu (inhibitory ureazy, otoczki spowalniające uwalnianie azotu). Takie nawozy prawidłowo zastosowane pozwalają znacznie ograniczyć straty azotu.

Prawidłowe żywienie kukurydzy fosforem stymuluje rozwój systemu korzeniowego, tym samym zwiększa odporność roślin na mróz, suszę oraz niektóre choroby np. zgorzel podstawy źdźbła. Prawidłowo wykształcony system korzeniowy ułatwia pobieranie wody przez rośliny przy jej okresowych brakach w glebie, co w ostatnich latach ma często miejsce. W uprawie kukurydzy, zwłaszcza na ziarno, znaczenie fosforu jest szczególnie duże, ponieważ ma on bezpośredni wpływ nie tylko na dojrzewanie ziarna, ale i na stopień jego wykształcenia. Należy zdawać sobie sprawę z tego, że w warunkach dobrego zaopatrzenia roślin w fosfor, roczne wahania w wielkości uzyskiwanych plonów, występujące pod wpływem niekorzystnych warunków atmosferycznych są mniejsze, prawidłowo wykształcają się organy generatywne roślin, oraz następuje zwiększenie sztywności łodyg i źdźbeł, co przeciwdziała wyleganiu. Nawozy fosforowe korzystnie jest zastosować jesienią, najlepiej pod orkę przedzimową, na całą powierzchnię pola. Dawkę fosforu stosowaną w uprawie kukurydzy można podzielić również

na przedsiewną stosowaną jesienią i/lub startową stosowaną podczas siewu nasion (nawożenie startowe).

Kukurydza pobiera potas w całym okresie wzrostu i rozwoju. Niedobór tego składnika w okresie największego zapotrzebowania prowadzi do obniżki plonu oraz zmniejszenia odporności roślin na niesprzyjające warunki siedliska (susza). Z kolei zbyt duże dawki potasu stosowane w uprawie kukurydzy powodują jego duże nagromadzenie w zielonej masie, co może być przyczyną występowania chorób u zwierząt gospodarskich żywionych taką paszą. Z nawozów potasowych stosowanych przedsiewnie najlepsze są: siarczan potasu lub wysokoprocentowe sole potasowe. Nawozy potasowe w uprawie kukurydzy najlepiej wysiewać jednorazowo, przedsiewnie w okresie wykonywania zabiegów przygotowujących rolę do siewu.

Stosowanie nawozów wapniowych pod kukurydzę jesienią lub wiosną jest wówczas konieczne, gdy pH gleby wynosi poniżej 5,5. Dawka i forma wapna pod kukurydzę wyznaczana jest na podstawie potrzeb wapnowania i kategorii agronomicznej gleby. W zmianowaniu z kukurydzą najlepiej jest stosować nawóz wapniowy po zbiorze przedplonu, ponieważ długi okres od zbioru do siewu kukurydzy pozwala doprowadzić glebę do prawidłowego odczynu (najlepszy pH 6,0–7,5).

Braki siarki w glebie mogą być uzupełnione przez stosowanie nawozów zawierających siarkę jako produkt uboczny, np. siarczan amonu, siarczan potasu, superfosfat prosty.

3.4. SKUTKI BŁĘDÓW NAWOZOWYCH

Pobieranie niektórych składników pokarmowych przez kukurydzę modyfikowane jest głównie przez warunki termiczne w okresie wegetacji roślin (tab. 9). W niskich temperaturach, poniżej 5°C, pobieranie azotu jest ograniczone co powoduje żółknięcie roślin i zahamowanie ich wzrostu. Objawami niedoboru w późniejszym okresie wegetacji są bladozielone i węższe blaszki liściowe. Należy pamiętać o tym, że azot jest najbardziej plonotwórczym składnikiem pokarmowym, stąd przy jego braku kukurydza rośnie wolno, plony są wyraźnie zredukowane, a dojrzewanie roślin opóźnione. Efektem niedoboru azotu są słabo rozwinięte i zaziarnione kolby. Z drugiej jednak strony zbyt obfite nawożenie kukurydzy tym składnikiem wywiera negatywny wpływ na jakość uzyskanej paszy, zwiększając koncentrację azotanów w biomasie. Przenawożenie kukurydzy azotem jest ekonomicznie i ekologicznie nieuzasadnione, czego wyraźnym efektem może być wyleganie roślin oraz eutrofizacja środowiska naturalnego.

Do pobrania fosforu przez kukurydzę potrzebne są stosunkowo wysokie temperatury, powyżej 10–12°C. Symptomami jego niedoboru są: przyhamowany rozwój roślin, tzw. usztywniony wygląd liści, cienka łodyga, ograniczony rozwój

Tabela 9. Wpływ niedoborów składników pokarmowych na wzrost i rozwój kukurydzy

Składnik	Ograniczenia w pobieraniu	Wpływ niedoboru składnika	Objawy niedoboru składnika
N	temperatura < 5°C	wolny wzrost roślin, znaczne zmniejszenie plonu	zahamowanie wzrostu młodych roślin i ich żółknięcie, przedwczesne zasychanie liści (od wierzchołka), wąskie liście, bladozielone, małe, słabo zaziarnione kolby
P	temperatura < 10–12°C	ograniczenie rozwoju systemu korzeniowego, negatywny wpływ na dojrzewanie i wykształcenie ziarna	zahamowanie wzrostu młodych roślin, szybkie zasychanie liści przy deficycie wody, czerwone przebarwienia wzdłuż brzegów blaszek liściowych, małe kolby, pokrzywione z niedorozwiniętymi ziarniakami
K	zbyt niskie nawożenie	zmniejszona fotosynteza, zmniejszona odporność na choroby i szkodniki oraz niekorzystne warunki środowiska (susza)	zahamowanie wzrostu młodych roślin, nienaturalne, ciemnozielone zabarwienie liści, nekrozy na szczycie i brzegach liści, źle wypełniony szczyt kolby, ziarna luźnie osadzone w kolbie
Mg	niekorzystne warunki klimatyczne, zła struktura gleby	zaburzenia w przebiegu kwitnienia i zapylenia, zmniejszenie liczby kolb oraz gorsze ich wypełnienie	żółtobiałe przebarwienia wzdłuż nerwów, głownie starszych liści, czerwone przebarwienia na dolnej stronie liści niżej położonych
Ca	zbyt wysokie nawożenia NPK, zbyt niskie pH	zaburzenia przemiany węglowodanów	zwijanie i sklejanie liści

Źródło: Dubas (2004)

korzeni, a przede wszystkim czerwone przebarwienia wzdłuż brzegów blaszek liściowych i szybkie ich zasychanie, zwłaszcza przy niedoborze wody w glebie. Kolby są małe, poskręcane z niedorozwiniętymi ziarniakami.

Niedobór potasu osłabia fotosyntezę, pogarsza gospodarkę wodną rośliny w okresach posuchy, co silnie ogranicza plony ziarna i zielonej masy oraz zmniejsza odporność kukurydzy na choroby i niesprzyjające warunki siedliska. Deficyt potasu objawia się zahamowaniem wzrostu roślin, nienaturalnym ciemnozielonym zabarwieniem liści, powstawaniem nekrotycznych plam na brzegach liści, słabym wypełnieniem ziarna oraz zwiększeniem skłonności do wylegania, zwłaszcza przy intensywnym nawożeniu azotowym.

Objawami braku magnezu u młodych roślin jest powstawanie jasnych przebarwień wzdłuż nerwów liściowych, a w okresie późniejszym zaburzenia w przebiegu kwitnienia i zapylania, co ogranicza zawiązywanie kolb oraz pogarsza ich

zaziarnienie. Stąd okres krytyczny pod względem zapotrzebowania na Mg przypada w okresie zawiązywania i dojrzewania ziarna. Przy wysokich temperaturach, kukurydza z niedoborem magnezu przyjmuje wygląd rośliny wyschniętej, z jednoczesnym opóźnieniem dojrzewania.

Deficyt wapnia w glebie uwidacznia się przy wysokim nawożeniu mineralnym NPK, co objawia się zwijaniem i sklejaniem blaszek liściowych (Tab. 9).

Kukurydza nie jest typową rośliną wskaźnikową niedoboru siarki, natomiast jej braki przejawiają się (Grzebisz 2002):

- młodych roślin, blado-zielonym lub żółtawym zabarwieniem liści i niewielkim zahamowaniem wzrostu;
- starszych roślin, blado-zielonym zabarwieniem liści młodych, przy jednocześnie intensywnym zielonym zabarwieniu liści starszych.

4. SIEW KUKURYDZY

Materiał siewny kukurydzy powinien być kupowany wyłącznie w opakowaniach oryginalnie zapakowanych przez firmy hodowlano-nasienne (tzw. jednostkach siewnych). Wszystkie aktualnie zarejestrowane odmiany kukurydzy, pochodzące zarówno z hodowli krajowej, jak i zagranicznej są mieszańcami. Wysokie plonowanie mieszańców wynika z heterozji. Największy efekt występuje u mieszańców dwuliniowych. Heterozja, a więc „bujność mieszańców", dotyczy pierwszego pokolenia uzyskanego ze skrzyżowania celowo dobranych form rodzicielskich. Korzystanie z materiału siewnego niewiadomego pochodzenia lub wysiewanie ziarna „własnej produkcji" (tzw. samoreprodukcja) jest wielkim błędem, prowadzącym do straty plonu, a zarazem zysku z takiej uprawy. Straty w plonie ziarna roślin pochodzących z wysiewu rozmnożenia własnego (pokolenie F_2), w porównaniu z oryginalnym materiałem siewnym (pokolenie F_1), w zależności od roku i odmiany, wahają się od 15,9 do 42,8 dt/ha, a surowca do zakiszania od 13,2 do 44,5 dt suchej masy/ha (Adamczyk 2004; Warzecha 2004; Adamczyk 2005; Sulewska 2008b; Sulewska i wsp. 2008; Bereś 2013). Straty z tytułu spadku plonu po wysiewie pokolenia F_2 znacznie przekraczają koszt zakupu materiału siewnego pokolenia F_1, stąd samoreprodukcja jest całkowicie nieuzasadniona ekonomicznie.

Ziarno siewne kukurydzy jest przygotowywane w firmach hodowlano-nasiennych, gdzie m.in. podlega frakcjonowaniu w zależności od masy tysiąca ziarniaków oraz kształtu, co pozwala na ich równomierny wysiew. Kilkuletnie badania wykazały, że w obrębie ziarna siewnego, ziarniaki drobniejsze zwykle miały większy wigor, a rośliny z nich wyrosłe wykazywały tendencję do wyższego plonowania (Sulewska i wsp. 2014c).

Kukurydza pochodzi z Meksyku i to decyduje o przebiegu jej procesów metabolicznych (Aldrich i wsp. 1982). Podobnie jak inne gatunki ze strefy tropikalnej,

należy do roślin dnia krótkiego, o fotosyntezie typu C_4. Gatunek ten wyróżnia silna reakcja fotoperiodyczna, stąd wybór terminu siewu ma ogromne znaczenie dla rozwoju i plonowania roślin. Wczesny siew prowadzi zwykle do wyższych plonów ziarna (Dubas 2004; Sulewska 2004a, b, 2005). Najkorzystniej jest rozpoczynać siew wraz z początkiem kwitnienia mniszka lekarskiego oraz czeremchy, co w warunkach Wielkopolski i Dolnego Śląska przypada najczęściej około 15 kwietnia. Mniejszym błędem jest przyspieszenie siewu niż jego opóźnienie. W przypadku wystąpienia silnych mrozów w okresie wiosennym giną wszystkie wzeszłe rośliny niezależnie od ich fazy rozwojowej. Krótkotrwałe przymrozki niszczą pierwsze liście, jednak roślina po nastaniu sprzyjających warunków termicznych szybko się regeneruje z podziemnej części łodygi, gdzie ukryty jest stożek wzrostu. Rośliny kukurydzy ulegają przechłodzeniu w temperaturze 0–5°C. Jeśli taki stan przedłuża się w czasie, może następować ich zamieranie. Stąd w rejonie Suwalszczyzny kukurydzę zwykle wysiewa się w pierwszych dniach maja, gdyż gleba na głębokości 10 cm powinna osiągnąć w tym czasie temperaturę 8–10°C.

Termin siewu silnie modyfikuje rozwój i plonowanie roślin kukurydzy. Ten beznakładowy element agrotechniki, obok wielu innych czynników decyduje o poziomie plonowania roślin. Z kolei opóźnianie terminu siewu przy zmiennym przebiegu pogody w latach należy łączyć z większym bądź mniejszym spadkiem plonu ziarna/kolb i niepełnym wykorzystaniem potencjału uprawianej odmiany. W warunkach środkowej części Wielkopolski, plony ziarna uzyskane z kukurydzy wysianej 5 maja były z reguły mniejsze niż gdy wysiewano ją 15 kwietnia, a największy obserwowany spadek plonu, wyniósł 13,5 dt/ha, co stanowiło 13,2%. Większą tolerancję na opóźniony siew wykazują odmiany wczesne.

Kukurydzę powinno się wysiewać na głębokość 4–5 cm. Głębsze siewy zapewniają lepsze uwilgotnienie, natomiast temperatura gleby wokół ziarniaka jest wtedy niższa, skutkiem czego pobieranie składników pokarmowych jest wolniejsze. W sytuacji jednak znacznego przesuszenia wierzchniej warstwy roli i braku prognoz o nadchodzących opadach deszczu, warto podjąć decyzję o głębszym wysiewie ziarna.

Precyzyjnie przeprowadzony siew stanowi niezwykle istotny element technologii. Światłolubność gatunku, wynikająca z jego pochodzenia, jest przyczyną silnej reakcji na każde zacienienie, która uzewnętrznia się bezpłodnością, prowadzącą w skrajnych przypadkach do niezawiązywania kolb. Taka reakcja roślin następuje zarówno w przypadku zbyt dużej obsady roślin, jak i silnego zachwaszczenia plantacji. Właściwa obsada roślin powinna z jednej strony zapewnić jak najmniejszą konkurencję roślin względem siebie, a z drugiej gwarantować jak największą liczbę dobrze zaziarnionych kolb na jednostce powierzchni. Uzyskanie właściwej obsady roślin jest niezwykle istotne, gdyż wszelkie błędy w tym względzie silnie rzutują na wielkość plonu, natomiast naprawa ich w danym sezonie wegetacyjnym jest już niemożliwa. Optymalna obsada roślin to nie tylko liczba

Fot. 7. Oryginalne opakowanie z materiałem siewnym kukurydzy (fot. P. Bereś)

Fot. 8. Ziarno siewne kukurydzy musi cechować się wysoką zdolnością i energią kiełkowania, którą można sprawdzić na szalce Petriego (fot. P. Bereś)

Fot. 9. Termin siewu silnie modyfikuje rozwój i plonowanie roślin kukurydzy (fot. P. Bereś)

Fot. 10. Kukurydzę powinno się wysiewać na głębokość 4−5 cm (fot. P. Bereś)

roślin na jednostce powierzchni, ale również równomierne ich rozmieszczenie w rzędzie. Wyrównana dla całego rzędu odległość między roślinami zmniejsza konkurencję pomiędzy roślinami o światło, wodę i składniki pokarmowe, dzięki czemu produkcyjność pojedynczej rośliny jest wyższa (Sulewska 1990). Ta wiedza zainspirowała konstruktorów siewników, dzięki którym można już bardzo precyzyjnie umieszczać ziarniaki w glebie. Obsada roślin powinna zależeć od wysiewanej odmiany i być zgodna z zaleceniami firm hodowlano-nasiennych. Zwykle przy uprawie odmian ziarnowych obsada wynosi 70−80 tys. ziarniaków/ha. Przy uprawie kukurydzy na kiszonkę może być nieco wyższa i dochodzić do 90−100 tys. ziarniaków/ha. Jednak w produkcji wysokoenergetycznej kiszonki obsada roślin powinna być zbliżona do tej stosowanej w technologii ziarnowej, gdyż podstawowym celem jest uzyskanie dużego udziału ziarna w plonie całych roślin.

Równomierność wysiewu oraz prawidłową obsadę roślin gwarantują tylko precyzyjne siewniki punktowe. Przed wyjazdem w pole zawsze należy skontrolować ilość faktycznie wysiewanych przez siewnik nasion. Jednak okazuje się, że nawet najnowocześniejsze siewniki nie rozróżniają ziarna od drobin zlepionej zaprawy nasiennej oraz innych zanieczyszczeń, skutkiem tego na polu można uzyskać obniżoną obsadę roślin.

W rejonach kraju, w których występują powtarzające się okresy suszy, zawłaszcza na polach o lekkich glebach, celowe jest, niezależnie od wczesności odmiany, zastosowanie obniżonej gęstości siewu, wynoszącej 7 roślin/m^2. Z kolei przy dobrym dostępie do wody plon ziarna stabilizuje się przy gęstości 8 roślin/m^2. Na lepszych glebach nieco więcej roślin na jednostce powierzchni znajdzie dogodne warunki dla rozwoju i plonowania (Sulewska 2013; Sulewska i wsp. 2013a).

IV. HODOWLA I DOBÓR ODMIAN KUKURYDZY DO UPRAWY

Według ekspertów zajmujących się uprawą kukurydzy, rolnik ma decydujący wpływ na kształtowanie poziomu plonowania tej rośliny. Wśród czynników wpływających na maksymalny plon kukurydzy wymienia się: dobór odmiany (w 30%), zabiegi uprawowe (w 40%) oraz warunki klimatyczne (w 30%). Plantator ma pełen wpływ na pierwsze z dwóch wymienionych czynników. Przyjmuje się, że nawet oddziaływanie warunków klimatycznych na uprawę kukurydzy może być w 20% zależne od plantatora, przez dobór odpowiednich odmian i terminu siewu, zależnie od przebiegu pogody w danym roku.

Podstawą nowoczesnej hodowli kukurydzy jest wykorzystanie zjawiska heterozji, czyli bujności mieszańców. Zjawisko to przejawia się w pokoleniu F_1 uzyskiwanym w wyniku krzyżowania celowo dobranych elitarnych linii wsobnych matecznych i ojcowskich. Nasiona F_1 pozyskuje się z linii matecznych pozbawionych wiech przed kwitnieniem (kastracja ręczna lub mechaniczna) lub pozbawionych genetycznie możliwości wytwarzania pyłku (linie CMS). Linie ojcowskie służą wyłącznie do zapylania i po kwitnieniu są usuwane z plantacji nasiennych. Maksymalny efekt heterozji występuje wyłącznie w pokoleniu $F_{1,}$ gdyż w następnym i dalszych pokoleniach (F_2, F_3 itd.) następuje segregacja cech, która powoduje gwałtowny spadek plonu ziarna i plonu ogólnego całych roślin, a także obniżenie poziomu innych cech. Dlatego nasiona F_1 nie mogą być przedmiotem dalszej reprodukcji. Komponentami handlowych odmian F_1 kukurydzy są linie wsobne, tradycyjnie uzyskiwane przez sukcesywne zapylanie własnym pyłkiem potomstw pojedynczych roślin, reprezentujących zróżnicowane genetyczne i geograficznie materiały wyjściowe. Po 7–8 pokoleniach chowu wsobnego uzyskuje się homozygotyczne linie. Ten 7–8 letni cykl można skrócić przez wykorzystywanie tzw. „szkółek zimowych", czyli uzyskiwanie dodatkowego pokolenia w sprzyjających warunkach klimatycznych przez wysiew roślin m.in. w Meksyku, Chile oraz innych krajach półkuli południowej.

Obecnie, na coraz większą skalę, linie wsobne uzyskuje się metodą bezpośredniej indukcji nasion haploidalnych na kolbach roślin matecznych. Nasiona te po wykiełkowaniu poddaje się procesowi kolchicynowania, co umożliwia uzyskanie linii podwojonych haploidów (DH). Technologia ta z powodzeniem

jest wdrażana również w Polsce przez IHAR – PIB Radzików. Cykl wytworzenia takich linii trwa dwa lata. Linie DH są przedmiotem dalszych prac hodowlanych polegających na selekcji pod względem cech agronomicznych, w tym tolerancji na stresy biotyczne (choroby i szkodniki) i abiotyczne (niesprzyjające warunki środowiska).

Postęp w hodowli odmian mieszańcowych kukurydzy wyraża się przede wszystkim we wzroście plonów. Potencjał plonowania odmiany mieszańcowej jest uwarunkowany genetycznie, a rolą hodowcy jest odpowiedni dobór komponentów rodzicielskich do krzyżowania. Należy mieć świadomość, że pełna realizacja potencjału plonowania odmiany odbywa się w odpowiednim środowisku (interakcja genotypu i środowiska) oraz w warunkach optymalnej agrotechniki. Nowsze odmiany mają wyższy potencjał plonowania od tych, jakie zostały wytworzone kilka lub kilkanaście lat temu. Poza plennością wnoszą większą odporność na czynniki stresowe i inne ważne cechy agronomiczne i użytkowe.

Bardzo ważną cechą selekcyjną w procesie hodowli nowych odmian jest ich odporność na wyleganie. Przyczyną wylegania korzeniowego jest najczęściej uwarunkowany genetycznie słabo rozwinięty system korzeniowy, ale mogą na to wpływać także popełnione przez rolnika błędy agrotechniczne, np. zbyt płytki siew, za duża obsada roślin na polu, czy też błędy w nawożeniu (zwłaszcza z użyciem azotu). Powszechniej występuje wyleganie kukurydzy związane z rozkładem rdzenia łodyg przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (tzw. fuzarioza łodyg). Następują wówczas złomy pędu powyżej lub poniżej kolby, które prowadzą do przewracania się łodyg (w tym z kolbami) na glebę.

Odmiana kukurydzy do uprawy na ziarno nie powinna być nadmiernie wysoka, powinna być typu generatywnego. Nie powinna się krzewić, czyli wytwarzać nie więcej niż jedną łodygę o jednej dorodnej, dobrze wypełnionej ziarnem kolbie.

W trakcie prac hodowlanych prowadzona jest ocena fenotypowa linii wsobnych – potencjalnych komponentów matecznych i ojcowskich oraz wytworzonych mieszańców. Genotypy porażane przez choroby i szkodniki są systematycznie eliminowane z dalszych prac hodowlanych. Wśród najważniejszych kryteriów branych pod uwagę w hodowli odmian na kiszonkę z całych roślin należy wymienić: całkowity plon suchej masy łodyg, liści i kolb (dt/ha), udział kolb w całkowitym plonie suchej masy (korzystny powyżej 50%), zawartość suchej masy przy zbiorze w całych roślinach przy zbiorze (około 30–35%). Ta ostatnia cecha, podobnie jak zawartość suchej masy w ziarnie, w przypadku odmian ziarnowych, jest podstawą oceny wczesności odmian na kiszonkę i wyznaczania ich liczby FAO. W hodowli odmian na kiszonkę zwraca się uwagę także na wczesny wigor i cechę „stay green", czyli na utrzymywanie zieloności roślin w okresie dojrzewania.

Uwarunkowana genetycznie cecha „stay green" umożliwia wydłużoną akumulację składników pokarmowych w roślinach i liściach w okresie dojrzewania. Skutkuje to zwiększeniem plonu w porównaniu do odmian starszego typu, które w okresie dojrzewania szybko zasychały. Długie utrzymywanie zielonych i zdrowych liści to także naturalna bariera utrudniająca rozwój chorób grzybowych. Przy wyborze odmian do uprawy na kiszonkę zwraca się również uwagę na strawność wegetatywnych części roślin. Takie odmiany podnoszą produkcję mleka i mięsa wołowego. Do uprawy na wysokoenergetyczną kiszonkę są przeznaczone także odmiany ziarnowe, o wysokich plonach. Ziarno jest najbardziej strawnym składnikiem kiszonki z kukurydzy (w ponad 90%).

W hodowli kukurydzy ocenia się również odmiany do celów przemysłowych. Kukurydza jest jednym z najważniejszych surowców do produkcji bioetanolu. Plon bioetanolu z hektara uprawy kukurydzy jest wypadkową plonu ziarna i zawartości skrobi. Z 1 t suchego ziarna kukurydzy można otrzymać, około 3,7–4,0 hektolitra bioetanolu. Do tego kierunku produkcji większą przydatność wykazują odmiany o ziarnie typu dent. W przemyśle młynarskim z ziarna kukurydzy otrzymuje się szereg produktów, np.: grys, kasze, mąki, a także bardzo wartościowy pod względem spożywczym olej kukurydziany. Do tego kierunku produkcji bardziej przydatne są odmiany o ziarnie typu flint.

W ostatnich latach kukurydza zaczyna odgrywać znaczącą rolę w produkcji biogazu, gdzie jest podstawowym komponentem tzw. wkładu fermentacyjnego. Do tego kierunku hodowane są późne odmiany kiszonkowe, o możliwie najwyższych plonach zielonej i suchej masy. Z 1 t kiszonki kukurydzy o zawartości suchej masy 30–40% można wyprodukować 170–220 m^3 biogazu o zawartości 50–55% metanu. Przy plonie kiszonki 45 t/ha można wyprodukować od 7650 do 9900 m^3 biogazu. Taka ilość gazu pozwala na wytworzenie od 15 300 do 19 800 kWh prądu elektrycznego.

W hodowli kukurydzy specjalne znaczenie mają dwa podgatunki, kukurydza cukrowa, zawierająca w świeżym ziarnie od kilku do kilkunastu procent cukrów prostych oraz kukurydza pękająca, z ziarna której otrzymuje się popcorn. Kukurydza cukrowa służy do bezpośredniego spożycia w postaci surowych lub gotowanych kolb, lub jej ziarno jest konserwowane w puszkach. Kukurydza pękająca jest chętnie spożywana przez ludzi, ale stanowi również poszukiwany składnik pasz dla gołębi i innego ptactwa ozdobnego.

Miarą postępu genetycznego w hodowli kukurydzy jest liczba odmian w Krajowym Rejestrze (KR). Odmiany te reprezentują zarówno różne typy użytkowe, rożne poziomy wczesności, jak również różne typy hodowlane. Klasyfikując odmiany ze względu na typy użytkowe wyróżnia się: 107 odmian przeznaczonych do uprawy na ziarno, 58 odmian typowo kiszonkowych i 13 odmian o ogólnym typie użytkowym (na ziarno i na kiszonkę). Na kiszonkę są też przeznaczone najlepsze odmiany ziarnowe.

Obecnie w KR znajduje się 179 odmian kukurydzy, w tym 27 zarejestrowanych w 2016 roku (Lista 2016). Zestaw odmian wpisywanych do KR i zalecanych do uprawy podlega dynamicznym zamianom, w związku z czym co roku należy weryfikować ich dostępność, np. na stronie internetowej COBORU, czy też w corocznie wydawanych Listach Opisowych Odmian Roślin Rolniczych. W tabeli 10. zaprezentowano wykaz odmian kukurydzy według stanu w KR na rok 2016. W okresie 15-lecia liczba odmian wzrosła o 36%, z 98 odmian w roku 2000 do 152 w 2015 (Lista 2008, 2016). Odmiany wpisane w ostatnim czteroleciu (2013–2016) stanowią aktualnie 44% listy. Spośród wszystkich odmian z krajowej hodowli pochodzi 48, tj. 27% całego zestawu odmian wpisanych do KR (Hodowla Roślin Smolice i Małopolska Hodowla Roślin). Dużą rolę odgrywają firmy zagraniczne, takie jak: KWS, Euralis, Pioneer, Saatbau Linz i Syngenta (tab. 11). Do uprawy w naszym kraju trafiają jednak nie tylko odmiany zarejestrowane w Polsce, ale także niektóre z katalogu unijnego (zarejestrowane w krajach Unii Europejskiej), który obejmuje ponad 5 tys. odmian kukurydzy.

Wśród zarejestrowanych odmian na ziarno i na kiszonkę wpisanych do KR 13,5% jest w grupie wczesnej, 60,1% w grupie średniowczesnej i 26,4% w grupie średniopóźnej. Rejonizacja odmian kukurydzy ma bardzo duże znaczenie, gdyż wysiew odmian zbyt późnych, w warunkach Polski Północnej, a nawet w środkowym rejonie kraju, na ogół skutkuje niemożnością osiągnięcia wymaganych parametrów (plonów i wczesności), a niekiedy brakiem możliwości zbioru plonu. Większe restrykcje w tym zakresie dotyczą odmian do uprawy na ziarno niż na kiszonkę.

Innym kryterium charakterystyki odmian kukurydzy jest typ hodowlany. Wśród zarejestrowanych odmian kukurydzy, główne typy hodowlane stanowią mieszańce pojedyncze, czyli dwuliniowe (SC), składające się z dwóch linii (A × B) oraz mieszańce trójliniowe (TC), składające się z trzech linii tj. (AB) × C. Mieszańce podwójne, czyli czteroliniowe (DC) są produktem krzyżowania dwóch mieszańców pojedynczych (AB) × (CD). W KR jest obecnie 107 mieszańców pojedynczych, 70 mieszańców trójliniowych i tylko 1 mieszaniec podwójny. Zaletą mieszańców pojedynczych jest większe wyrównanie morfologiczne i niekiedy wyższe plonowanie niż mieszańców trójliniowych, głównie w bardziej intensywnych warunkach produkcji, jakkolwiek nie jest to regułą. Mieszańce trójliniowe są lepiej dostosowane do gorszych warunków uprawy. Produkcja nasion mieszańców pojedynczych jest mniej wydajna i trudniejsza, dlatego ceny nasion są na ogół wyższe niż mieszańców trójliniowych. Właśnie, ze względu na trudności w produkcji nasiennej, w USA

pierwsze w uprawie znalazły się mieszańce podwójne. Zastąpiły one odmiany populacyjne, których ulepszanie na drodze hodowli od 1865 roku do początku lat 30. XX wieku zapewniało postęp wyrażający się we wzroście plonów tylko o około 1kg ziarna rocznie. Wprowadzenie do powszechnej uprawy mieszańców podwójnych zapewniło skokowy wzrost plonów od początku lat 30. do końca lat 50. o 63,1 kg ziarna rocznie. Uprawa nowoczesnych mieszańców pojedynczych od początku lat 60. do połowy lat 90., połączona z nowoczesną agrotechniką, a zwłaszcza z nowoczesną ochroną przed chorobami, szkodnikami i chwastami, umożliwiła coroczny wzrost plonów o 113,2 kg. Od połowy lat 90. odnotowuje się coroczny wzrost plonów aż o 207,2 kg. Jest to możliwe dzięki postępowi biologicznemu wynikającemu zarówno z konwencjonalnej i molekularnej hodowli oraz wprowadzeniu na szeroką skalę do uprawy odmian genetycznie modyfikowanych. Obecnie średnie plony w USA, z powierzchni ponad 30 mln ha, wynoszą 9,3 t/ha.

Podobny proces, lecz znacznie opóźniony miał miejsce w Polsce. Na początku dominowały mieszańce podwójne, które wyparły z uprawy odmiany populacyjne. Stopniowo były one zastępowane przez mieszańce trójliniowe. Mniej więcej od 25 lat zaczęły się pojawiać w rejestrze odmian mieszańce pojedyncze. Od 2000 roku ich liczba w zaczyna dominować, w ostatnich latach na poziomie około 60% w stosunku do 40% mieszańców trójliniowych. Dalszy postęp biologiczny w hodowli i w uprawie kukurydzy będzie związany zarówno z hodowlą prowadzoną metodami konwencjonalnymi, z wykorzystaniem osiągnięć genetyki molekularnej oraz z hodowlą odmian genetycznie modyfikowanych.

Tabela 10. Zmiany w Krajowym Rejestrze (KR) odmian kukurydzy (liczba odmian)

Rok	Wpisane		Skreślone		Stan rejestru	
	krajowe	zagraniczne	krajowe	zagraniczne	krajowe	zagraniczne
2000	5	14	–	8	27	71
2002	6	15	–	4	34	73
2004	2	11	2	12	36	87
2006	4	14	–	1	35	109
2008	3	17	–	4	36	113
2010	4	10	–	6	42	127
2012	1	16	–	18	40	117
2014	3	13	–	11	41	111
2015	6	15	7	14	40	112
2016	8	19	–	–	48	131

Źródło: Stan Krajowego Rejestru: 15.04.2016 – opracowanie własne COBORU

Tabela 11. Wykaz zarejestrowanych odmian kukurydzy w Polsce (stan na 2016 rok)

Firma	Odmiana	Rok wpisania do Krajowego Rejestru	FAO	Kierunek użytkowania
	1	2	3	4
CAUSSADE				
	Codigip	2016	260	Z
	Urani CS	2014	270	Z
CEZEA				
	Celux	1997	230	Z,K
DOW AGRO				
	MT Maksym	2008	240	Z
	Subito	2008	280	K
	System	2004	240	Z
EURALIS				
	ES Abakus	2015	240	Z
	ES Albatros	2012	230	Z
	ES Asteroid	2016	240	Z
	ES Carmen	2013	250	Z
	ES Chrono	2011	260	Z
	ES Cirrius	2012	230	Z
	ES Cockpit	2013	240	Z
	ES Concord	2014	250	Z
	ES Constellation	2015	240	Z
	ES Convent	2013	250	K
	ES Fireball	2012	260	K
	ES Kongress	2009	230	Z
	ES Makila	2007	240	Z
	ES Meteorit	2016	240	Z
	ES Metronom	2015	240	K
	ES Palazzo	2009	230	Z
	ES Paroli	2006	250	Z
	ES Tolerance	2014	250	Z
	ES Zizou	2011	220	Z
	ES Zorion	2016	240	Z
	Eurostar	2001	240	Z,K
	Inagua	2002	240	K
	Veritis	2003	240	Z,K

	FARMSAAT			
	Farmezzo	2016	250	Z
	Rudesta	2016	250	K
	HR SMOLICE			
	Bejm	2008	230	Z
	Blask	2002	250	Z
	Bogoria	2015	260	K
	Bosman	2005	260	Z
	Cedro	2000	210	Z
	Dumka	2008	230	Z
	Glejt	2001	230	Z
	Jawor	2009	230	Z
	Juhas	2015	240	K
	Kanonier	2015	240	Z
	Koneser	2015	260	K
	Konkurent	2013	240	Z
	Kosmal	2013	260	K
	Kosynier	2013	230	Z
	Kresowiak	2009	240	K
	Legion	2014	270	K
	Lokata	2011	220	Z
	Narew	2008	250	Z
	Nimba	1996	260	K
	Opcja	2015	240	Z
	Opoka	2006	240	K
	Podlasiak	2015	260	K
	Prosna	1999	230	Z
	Rataj	2010	220	Z
	Reduta	2000	230	Z
	Rosomak	2013	270	Z
	Rywal	2011	210	Z
	San	1999	240	Z,K
	SM Ameca	2016	260	K
	SM Finezja	2016	240	K
	SM Hetman	2016	240	Z
	SM Hubal	2016	240	Z,K
	SM Jubilat	2016	230	Z
	SM Popis	2016	270	K
	SM Prezent	2016	240	K

	SM Zawisza	2016	240	K
	Smolan	2011	230	Z
	Smolik	2010	220	Z
	Smolitop	2010	230	Z
	Tonacja	2014	230	Z
	Ułan	2011	270	K
	Vitras	2010	250	K
	Wiarus	1999	220	Z
	Wilga	1998	190	Z
	KWS			
	Agro Polis	2016	240	K
	Acropole	2015	260	Z
	Amadeo	2007	240	Z, K
	Amamonte	2013	240	K
	Ambrosini	2011	240	Z
	Amoroso	2008	250	Z
	Beatus	2007	250	K
	Carolinio KWS	2015	240	Z, K
	Cassilas	2011	260	K
	Grosso	2012	260	Z
	Kwintus	2016	220	Z
	KWS 5133 ECO	2009	250	Z,K
	Laurinio	2012	210	Z
	Millesim	2013	260	Z
	Perinio KWS	2015	260	Z, K
	Podium	2009	220	Z
	Ricardinio	2010	240	Z
	Rivaldinio KWS	2014	240	Z
	Ronaldinio	2008	260	Z,K
	Santurio	2012	230	Z
	Severo	2009	260	Z
	Silvestre	2007	230	K
	Silvinio	2012	220	Z
	Touran	2008	240	K
	Walterinio KWS	2016	260	K
	LIMAGRAIN			
	Aalvito	2007	200	Z
	Alduna	2009	250	Z
	Emmy	2010	250	Z

	LG 22.44	1996	240	Z
	LG30179	2015	200	Z
	LG30215	2015	250	Z
	LG30240	2012	240	K
	LG30273	2015	260	Z
	LG30275	2012	260	K
	Lindsey	2012	260	Z
	Yser	2007	260	Z
	MAISADOUR			
	Dynamite	2013	240	K
	Lavena	2008	260	Z
	MAS 15P	2012	200	Z
	MAS 20P	2016	260	Z
	MAS 20S	2015	250	K
	MAS 24A	2008	260	Z
	MAS 27L	2012	250	K
	MAS 29H	2011	260	Z
	Prollix	2009	250	Z
MAŁOPOLSKA HODOWLA ROŚLIN				
	Kadryl	2012	280	K
	KB1903	2005	190	Z
	KB2704	2006	280	K
	KOSMO230	2003	240	K
	MONSANTO			
	DKC 2960	2008	240	Z
	DKC2787	2010	200	Z
	DKC2971	2009	220	Z
	DKC3420	2007	270	Z
	DKC3623	2014	280	Z
	DKC3711	2014	250	Z
	PIONEER			
	Clarica	1999	270	K
	P0746	2013	320	K
	P8134	2015	250	Z
	P8400	2013	250	Z
	P8488	2012	250	K
	P9027	2014	280	Z
	P9400	2012	270	Z
	PR38B12	2007	250	Z

	PR38N86	2009	280	Z
	PR38Y34	2010	260	Z,K
	PR39A98	2007	240	K
	PR39F58	2006	260	Z
	PR39G12	2003	230	K
	PR39H32	2003	240	Z
	PR39T45	2006	240	K
	PR39T84	2006	260	Z,K
	RAGT			
	Geoxx	2011	240	K
	Inoxx	2009	210	Z
	Konsulixx	2012	240	K
	SAATBAU LINZ			
	Arturo	2015	230	Z, K
	Assano	2015	230	K
	Chicago	2016	250	K
	Cyrano	2016	240	K
	Danubio	2013	260	K
	Dublino	2016	260	K
	Giancarlo	2014	240	K
	Mosso	2013	220	Z
	Norico	2015	240	Z
	Odilo	2013	240	K
	Pirro	2014	220	K
	Prestoso	2014	240	K
	Rogoso	2014	210	Z
	Sativo	2015	250	Z
	Talentro	2016	260	K
	SYNGENTA			
	Arobase	2005	250	Z
	Bilizi	2016	240	K
	Delitop	2005	250	Z
	NK Eagle	2010	260	Z
	NK Nekta	2008	250	Z
	NK Ravello	2008	200	Z
	SY Cooky	2011	220	Z
	SY Enigma	2014	260	Z
	SY Gibuti	2015	240	K
	SY Kardona	2016	240	K

	SY Multipass	2014	240	Z
	SY Multitop	2011	240	Z
	SY Rotango	2015	240	Z
	SY Werena	2015	230	Z
	ZEMUN			
	Bora Zemun	1993	270	Z

Kierunek użytkowania: K – kiszonkowy, Z – ziarnowy
Źródło: opracowanie własne COBORU

1. ZASADY WPISYWANIA ODMIAN DO KRAJOWEGO REJESTRU

W Polsce rejestracją odmian kukurydzy i ich wpisywaniem do Krajowego Rejestru (KR) zajmuje się Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Wszystkie odmiany przed ich wpisaniem do KR przechodzą kilkuletnie badania wartości gospodarczej (WGO), najpierw w doświadczeniach przedwstępnych. Wybrane obiekty z doświadczeń przedwstępnych trafiają do doświadczeń wstępnych. Są to doświadczenia prowadzone w kilku punktach doświadczalnych, zlokalizowanych w zróżnicowanych warunkach klimatyczno-glebowych. Doświadczenia przedwstępne i wstępne są prowadzone przez firmy hodowlano-nasienne. Wyróżniające się pod względem plonu i innych cech odmiany są zgłaszane do badań rejestrowych prowadzonych przez COBORU, gdzie kontynuowana jest ocena ich wartości gospodarczej. Odmiany są deklarowane przez hodowle do oceny: na ziarno, na kiszonkę z całych roślin, a w wyjątkowych przypadkach na obydwa kierunki użytkowania. Doświadczenia rejestrowe są prowadzone w kilkunastu Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian. W odrębnych seriach doświadczeń są oceniane odmiany do uprawy na ziarno i na kiszonkę. W każdej serii doświadczeń są wyodrębnione 3 grupy wczesności: odmiany wczesne, średniowczesne i średniopóźne. Do każdej grupy ocenianych odmian są włączane odmiany wzorcowe (wzorce wczesności), o wcześniej określonej liczbie FAO. Służą one do określania wczesności ocenianych odmian.

Równolegle do badań wartości gospodarczej są prowadzone badania odrębności, wyrównania i trwałości odmian (OWT). Cykl oceny odmian w doświadczeniach rejestrowych jest dwuletni. Jednak wiele odmian jest wycofywanych już po pierwszym roku badań przez podmioty zgłaszające lub przez COBORU. Do drugiego roku badań przechodzą wyłącznie odmiany o najlepszych parametrach. Dwuletnie wyniki badań stanowią podstawę do wpisania odmiany do KR. Przedmiotem rejestracji są odmiany o korzystnych parametrach, wysokim i stabilnym potencjale plonowania połączonym z odpowiednią wczesnością, odporne na wyleganie i choroby, a w przypadku odmian kiszonkowych wyróżniające się dobrą strawnością. Odmiany będące przedmiotem rejestracji muszą spełniać

wymagania OWT. Muszą więc być odrębne od innych, wyrównane i trwałe, czyli wykazywać powtarzalność cech. Wpisu odmian do KR dokonuje Dyrektor COBORU na podstawie opinii Komisji ds. Rejestracji Odmian Kukurydzy. Odmiany są rejestrowane na okres 10 lat. COBORU przygotowuje opis odmian, określa ich wczesność (liczbę FAO), oraz przedstawia rekomendację dotyczącą rejonizacji odmian. Wykaz odmian wpisanych do KR znajduje się w wydawnictwach i na stronie internetowej COBORU. Opisy odmian są umieszczane w wydawanych corocznie Listach Opisowych Odmian.

Ocena cech gospodarczych odmian jest kontynuowana w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO), prowadzonego w Polsce od 2000 roku. W przypadku kukurydzy, te doświadczenia są prowadzone wspólnie przez COBORU i Polski Związek Producentów Kukurydzy (PZPK). Odmiany wpisane do KR są zgłaszane do tych doświadczeń przez firmy hodowlano nasienne. Wyniki PDO mają bardzo duże znaczenie marketingowe, bo pomagają producentom kukurydzy w podejmowaniu decyzji o doborze odmian do uprawy.

W Polsce, poza odmianami z KR, przedmiotem uprawy mogą być odmiany zarejestrowane w innych krajach Unii Europejskiej, jednak tylko te, które wykazują przydatność do naszych warunków klimatycznych. Niewielka część tych odmian, na zlecenie firm hodowlano-nasiennych jest przedmiotem badań w tzw. doświadczeniach rozpoznawczych. Najlepsze spośród nich, po dwóch latach badań, uzyskują możliwość włączenia do doświadczeń porejestrowych, na zasadach identycznych jak odmiany wpisane do KR.

2. POREJESTROWE DOŚWIADCZALNICTWO ODMIANOWE

Obiektywnym sposobem sprawdzenia aktualnej wartości przynajmniej części zarejestrowanych odmian jest ich porównanie w doświadczeniach porejestrowych (PDO), zlokalizowanych w różnych warunkach siedliskowych na terenie kraju. Podobnie jak odmiany zarejestrowane w Polsce, traktowane są odmiany z rejestrów krajów UE (tj. odmiany z katalogu wspólnotowego – CCA). Warunkiem włączenia odmian z CCA do całej sieci doświadczeń PDO są ich pozytywne wyniki we wcześniejszych dwuletnich badaniach rozpoznawczych prowadzonych w kilku miejscowościach. Wyniki PDO dają odpowiedzi na pytania dotyczące przede wszystkim plonowania odmian. Odmiany sprawdzone i zarejestrowane w naszych warunkach klimatycznych dają większą gwarancję powodzenia uprawy, niż pochodzące ze wspólnotowego katalogu odmian (CCA), wyhodowane w innych warunkach środowiskowych. Dlatego przy wyborze odmiany do uprawy warto kierować się wynikami badań odmianowych przeprowadzonych przez COBORU. Nie zwalniają one jednak plantatora od analizy przyrodniczych i ekonomicznych warunków produkcji, które również trzeba uwzględnić, wybierając odmianę do obsiewu plantacji.

3. WCZESNOŚĆ ODMIAN

Wczesność odmian określana jest w Polsce oraz wielu innych krajach skalą FAO. Polega ona na porównaniu wilgotności ziarna lub zawartości suchej masy danej odmiany z wzorcem wczesności danej grupy. Odmiany wzorcowe zależą od kraju, w którym dana odmiana jest oceniana, dlatego też można zauważyć różnice w liczbie FAO przypisanej dla danej odmiany. Na południu Europy zarówno zakres wczesności uprawianych odmian, jak i liczba klas wczesności są znacznie większe niż u nas: od FAO 100 do FAO 900 i od klasy bardzo wczesnej do bardzo późnej, przy czym odmiany o wczesności FAO 200 i 300 zaliczane są do klasy wczesnej, FAO 400 do średniowczesnej, a do późnych zalicza się odmiany klasy FAO 500 i późniejsze. We Francji odmian nie grupuje się według liczb wczesności FAO, ale używając określeń słownych, wyróżnia się sześć klas wczesności, od bardzo wczesnej do bardzo późnej; klasa średniowczesna podzielona jest na dwie podklasy odmian: o ziarnie pośrednim (flint-dent) i o ziarnie zębokształtnym (dent). W Niemczech liczba klas wczesności kukurydzy ograniczona jest do czterech, od wczesnej do późnej i obejmuje zakres liczb FAO od poniżej 200 do 350. W Polsce używana jest klasyfikacja wczesności odmian podobna jak w Niemczech, ale bez klasy późnej (FAO 300–350). Jeszcze inne sposoby klasyfikacji wczesności odmian używane są w USA i Kanadzie.

Bardziej obiektywna wydaje się klasyfikacja wczesności odmian na podstawie ich wymagań termicznych, tj. sum jednostek cieplnych niezbędnych do osiągnięcia stadium rozwojowego roślin, np. kwitnienia lub dojrzałości. Podejmowane u nas próby w tym zakresie nie przyniosły jednak zadowalających wyników. Powodem jest interakcja odmian z bardzo zmienną pogodą w kolejnych sezonach wegetacyjnych. Dla miarodajnej oceny byłyby potrzebne kilkuletnie badania każdej odmiany, a w tym czasie w zestawie rejestrowanych i uprawianych odmian następują znaczne zmiany uniemożliwiające bezpośrednie porównanie odmian.

Wczesność odmiany w największym stopniu decyduje o jej przydatności do kierunku uprawy (w technologii ziarnowej lub kiszonkowej) oraz do rejonu klimatycznego (południowego, środkowego i północnego), co zaprezentowano w tabeli 12. Odmiany wczesne (do FAO 230) oraz średniowczesne (do FAO 250) są przydatne na ogół do wszystkich celów użytkowych, jednak niektóre cechy mogą je bardziej predysponować do określonego kierunku użytkowania, np. większa masa wegetatywna – bardziej do uprawy na kiszonkę, a mniejszy udział rdzeni kolbowych – do produkcji CCM. Odmiany średniopóźne (FAO 260–300) mają zastosowanie głównie do produkcji kiszonek, przy uprawie na suche ziarno, w mniej korzystnych warunkach termicznych mogą nie osiągnąć odpowiedniej dojrzałości. Natomiast dobrze się sprawdzają przy dostatku ciepła i długim okresie wegetacji oraz przewidywanym opóźnieniu zbioru. Średnio wykazują bowiem największą zdolność plonowania i przeważnie mniejszą podatność na wyleganie.

Tabela 12. Przydatność poszczególnych klas wczesności do kierunków uprawy i rejonów produkcji

Rejon	Cel uprawy*	Klasa wczesności**
I (południowy)	Z, CCM, K	w, sw, sp
II (środkowy)	Z, CCM, K	w, sw, (sp)
III (północny)	CCM, K	w, sw, (sp)

*Z, CCM, K – odpowiednio: ziarno, CCM, kiszonka
**klasa wczesności: w – wczesna, sw – średniowczesna, sp – średniopóźna. Oznaczenia w nawiasach – większe ryzyko nie dojrzenia w uprawie na ziarno w rejonie II oraz na kiszonkę w rejonie III
Źródło: Dubas (2004)

Dane z tabeli 12. są miarodajne przy założeniu, że czynnikiem różnicującym poszczególne rejony uprawy jest suma jednostek cieplnych, a nie jakość gleby i wielkość opadów. Tymczasem o plonowaniu kukurydzy często w największym stopniu decydują warunki glebowe i wilgotnościowe. Badania wykazują, że duże plony można osiągnąć także w rejonach przeciętnie mniej odpowiednich pod względem termicznym lecz o korzystniejszych warunkach wilgotnościowych i glebowych. Na przykład w rejonie północnym, gdzie nie zaleca się uprawy na suche ziarno, w latach o ciepłych sezonach wegetacyjnych i jednocześnie wystarczających opadach, przy wysiewie wczesnych odmian możliwe było uzyskanie dobrych wyników w tym kierunku użytkowania. Konsekwencją uprawy przy mniejszej ilości ciepła jest jednak wyższa wilgotność ziarna średnio o 3–4,5% aniżeli w rejonach typowych dla produkcji ziarna, mimo dłuższego okresu wegetacji w rejonie III (północnym). W rejonie środkowym najczęstszym czynnikiem limitującym plonowanie, zwłaszcza odmian późniejszych, jest niedobór opadów.

Rozmieszczenie upraw kukurydzy na terenie kraju jest znacznie zróżnicowane, co wynika przede wszystkim z przyczyn przyrodniczych, ale także ekonomicznych (lokalne zapotrzebowanie na ziarno lub paszę z całych roślin, dostępność technicznych środków produkcji). Przykładem ekonomicznej rejonizacji uprawy na kiszonkę jest Podlasie i Mazowsze, gdzie produkuje się ponad 30% całej kukurydzy kiszonkowej w kraju, a w przypadku rejonizacji uprawy na ziarno – Opolszczyzna, Dolny Śląsk i Wielkopolska, które obsiewają połowę krajowej kukurydzy na ziarno.

4. POŻĄDANE CECHY U ODMIAN KUKURYDZY

Kukurydza jest uprawiana przede wszystkim w celu uzyskania dwóch produktów użytkowych: ziarna albo plonu ogólnego suchej masy roślin z możliwie dużym udziałem kolb. Znaczenie obfitego plonu kolb zmniejsza się w przypadku

odmian hodowanych w kierunku uzyskania dużej masy strawnej, zawartej w wegetatywnej frakcji roślin. Modyfikacją paszowego wykorzystania ziarna jest kiszonka z ześrutowanych kolb kukurydzy (CCM).

Innym zagadnieniem jest niepaszowe użytkowanie ziarna, np. do produkcji etanolu technicznego (wtedy wczesność dojrzewania może mieć mniejsze znaczenie) oraz użytkowanie masy organicznej roślin do celów energetycznych na przykład przez bezpośrednie spalanie lub produkcję biogazu, wtedy udział plonu kolb nie ma aż tak istotnego znaczenia. Każde z wymienionych zastosowań kukurydzy wymaga nieco innych cech, którymi powinny charakteryzować się odmiany (Dubas 2004).

Cecha wczesności jest negatywnie skorelowana z plennością odmian. Odmiany późniejsze charakteryzują się wyższą, a odmiany wcześniejsze niższą wilgotnością ziarna przy zbiorze. W pracach hodowlanych, z dobrym skutkiem, poszukuje się „łamaczy korelacji" tych dwóch cech, czyli odmian plennych i jednocześnie wczesnych. Odmiany o wysokiej plenności charakteryzują się cechą wczesnego wigoru. Kiełkują i rozwijają się nawet w warunkach chłodów wiosennych. Starsze odmiany miały próg kiełkowania przy temperaturze gleby 8°C, podczas gdy nowsze mają obniżony ten próg o 2°C i kiełkują już w temperaturze 6°C. Szybszy start roślin wiosną oznacza szybsze wytworzenie systemu korzeniowego, lepsze wykorzystanie zasobów wody i składników pokarmowych, a w konsekwencji wyższe plony.

Inną bardzo ważną cechą jest zdolność aktywnego wysychania ziarna w okresie dojrzewania. Ta cecha jest uzależniona od rozchylania się liści okrywowych kolb. W warunkach pogodnej, ciepłej jesieni, odmiany o ziarnie zębokształtnym (dent) lepiej oddają wodę i kumulują składniki pokarmowe w ziarnie, niż odmiany o ziarnie szklistym (flint). W warunkach mniej sprzyjających, lepiej sprawdzają się odmiany o ziarnie typu flint lub zbliżonym do flint. Strategia hodowli odmian kukurydzy dla Europy Północnej polega na krzyżowaniu komponentów typu dent, które wnoszą do odmian plenność, z komponentami typu flint, które wnoszą do odmian cechę wczesności. Dzięki procesowi uwcześnienia komponentów typu dent, zaczynają się pojawiać wczesne odmiany z krzyżowania takich komponentów. Wiedza o strukturze odmian ma więc również wpływ na dobór odmiany do produkcji. Na dosuszanie ziarna wpływa jego budowa morfologiczna. Odmiany, w zależności od typu ziarna wymagają do dosuszania mniej lub więcej czasu i energii.

Ważną cechą jest też omłotowość odmiany, czyli łatwość oddzielania ziarna od rdzenia. Do produkcji grysu i mąki kukurydzianej bardziej przydatne są odmiany szkliste (flint), a do produkcji skrobi odmiany zębokształtne (dent). W przypadku uprawy kukurydzy na CCM (corn cob mix), czyli na kiszonkę z odkoszulkowanych i rozdrobnionych kolb – paszy dla trzody chlewnej, ważna jest korzystna struktura kolby, czyli wysoki udział ziarna i możliwie najmniejszy udział rdzenia. Do tej produkcji są preferowane odmiany o cienkich rdzeniach kolb.

Optymalna odmiana ziarnowa powinna charakteryzować się:

- zdolnością tworzenia dużych plonów ziarna w rejonach, gdzie taka produkcja jest możliwa;
- odpowiednią wczesnością, tj. możliwością rozwoju w niższych temperaturach oraz dojrzewaniem i dosychaniem ziarna w polu przy utrzymujących się zielonych liściach („stay green") przed planowanym terminem zbioru;
- generatywnym typem roślin (niezbyt wysokie łodygi bez skłonności do krzewienia), o małej podatności na szkodniki i choroby (zwłaszcza na omacnicę prosowiankę i choroby fuzaryjne), dużą odpornością na wyleganie;
- w przypadku uprawy kukurydzy dla przemysłu młynarskiego, ziarno powinno być typu szklistego (flint), podczas przerobu kruszyć się na małe fragmenty, a dla produkcji skrobi i do fermentacji – typu mączystego, w większości zębokształtne (dent);
- możliwie małą podatnocią na warunki stresowe, zwłaszcza okresowe niedobory wody.

U odmian kiszonkowych preferuje się:

- duży plon ogólny suchej masy o korzystnej strukturze, tj. dużym udziale kolb i wysokiej koncentracji energii;
- wczesność odpowiednią do zamierzonego terminu zbioru – w środkowej części kraju, przy przeciętnym przebiegu pogody dojrzałość kiszonkową odmian wczesnych już na początku września, a nawet w końcu sierpnia, a odmian późniejszych, bardziej plennych, pod koniec września;
- wysoką strawność wegetatywnych części roślin. Ta cecha jest przedmiotem dużego zainteresowania hodowców kukurydzy. Masa łodyg i liści o wyższej strawności jest efektywniej wykorzystywana przez bydło. Pod tym względem stwierdza się dość duże różnice odmianowe – niektóre hodowle już tworzą odmiany o podwyższonej strawności celulozowej frakcji roślin. U takich odmian duży udział kolb w strukturze plonu jest nieco mniej ważny.

Odmiany o wyższej strawności łodyg i liści byłyby też bardziej przydatne do produkcji biogazu. Podstawowym kryterium przydatności odmian dla biogazowni będzie możliwie duży plon ogólny suchej masy. Ten warunek mogą spełniać odmiany stosunkowo późne, tworzące dużą masę wegetatywną, dobrze wykorzystujące cały sezon wegetacyjny.

Jako uniwersalne kryteria doboru odmian do uprawy należy uwzględnić także reakcję na chłody i niekorzystne zjawiska w początkowej fazie wzrostu. Ważnymi cechami odmian do uprawy na ziarno i na kiszonkę jest również ich odporność na choroby i szkodniki. Najgroźniejszymi chorobami kukurydzy jest fuzarioza kolb powodowana głównie przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Te patogeniczne grzyby wytwarzają groźne dla zdrowia zwierząt i człowieka mikotoksyny, których kumulacja w organizmie powoduje różnorodne skutki (np. działanie

Fot. 11. Kolekcje odmianowe w doświadczeniach COBORU (fot. P. Bereś)

Fot. 12. W doświadczeniach COBORU ocenia się podatność roślin na agrofagi (fot. P. Bereś)

trujące, rakotwórcze, immunodepresyjne, zmiany w aparacie dziedzicznym, potworkowatość płodów). Głownia kukurydzy (*Ustilago maydis*), jest chorobą występującą dość często, ale w zmiennym, uzależnionym od warunków pogodowych natężeniu. Nie wytwarza mikotoksyn, ale w większym nasileniu może znacząco obniżyć plon ziarna i kiszonki. W programach hodowli twórczej nowych odmian jest prowadzona ostra selekcja w kierunku uzyskania materiałów jeśli nie odpornych, to przynajmniej z wysokim stopniu tolerancji na porażanie się wspomnianymi chorobami.

W warunkach klimatycznych Polski mniejsze, jak na razie, znaczenie mają takie jednostki chorobowe, jak: drobna plamistość liści kukurydzy (*Aureobasidium zeae*) i rdza kukurydzy (*Puccinia sorghi*). Inne choroby grzybowe, bakteryjne i wirusowe występujące w kukurydzy mają aktualnie minimalne znaczenie. Wśród szkodników największe znaczenie w hodowli odmian ma ich tolerancja na żerowanie omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis*). W pracach hodowlanych zwraca się także uwagę na genotypy charakteryzujące się obfitym systemem korzeniowym i zdolnością do jego szybkiej regeneracji nawet po znaczącym uszkodzeniu. Takie formy mogą w istotny sposób ograniczyć straty spowodowane żerowaniem larw stonki kukurydzianej (*Diabrotica v. virgifera*). W tabeli 13. zaprezentowano wykaz zarejestrowanych odmian kukurydzy pod kątem ich podatności na zgniliznę korzeni i zgorzel podstawy łodygi (tzw. fuzarioza łodyg), fuzariozę kolb, głownię kukurydzy (guzowatą) oraz omacnicę prosowiankę.

Tabela 13. Ocena podatności wybranych odmian na wyleganie, ważniejsze choroby i omacnicę prosowiankę wg COBORU

Odmiana	Wyleganie roślin [%]	Fuzarioza		Głownia kukurydzy		Omacnica proso-wianka
		łodyg	kolb	łodyg	kolb	
		% roślin porażonych				
1	2	3	4	5	6	7
Acropole	s	m	s	s	s	s
Alduna	s	s	m	m	s	s
Ambrosini	s	s	m	s	s	s
Amoroso	s	s	w	s	m	w
Arturo	w	w	m	s	m	w
Carolinio KWS	s	s	m	m	s	m
Codigip	s	s	m	s	s	w
Danubio	s	m	s	s	s	m
DKC3623	m	s	m	s	s	m
DKC3711	s	s	m	w	w	w

Emmy	s	m	w	m	m	m
ES Abakus	s	s	s	s	s	m
ES Albatros	w	m	w	s	m	w
ES Asteroid	s	s	m	m	s	m
ES Carmen	m	s	s	w	w	m
ES Chrono	m	s	w	m	m	s
ES Cirrius	s	m	w	w	s	m
ES Cockpit	s	s	s	s	m	m
ES Concord	s	m	s	m	s	s
ES Constellation	s	m	m	w	s	m
ES Kongress	s	s	s	s	w	m
ES Meteorit	m	s	m	m	m	m
ES Metronom	s	m	w	s	s	m
ES Palazzo	w	w	s	w	w	w
ES Tolerance	s	s	m	m	s	m
ES Zizou	w	s	w	w	w	w
ES Zorion	s	m	m	m	m	s
Farmezzo	s	s	s	m	m	s
Grosso	s	m	s	s	s	s
Kanonier	w	w	m	w	s	s
Konkurent	w	w	m	s	s	w
Konsulixx	w	w	w	s	m	w
Kosynier	w	s	s	s	s	s
Kwintus	m	w	m	s	m	s
Laurinio	w	w	w	s	m	w
Lavena	s	s	s	m	w	m
LG30179	m	s	s	s	w	s
LG30215	s	m	s	m	s	w
LG30240	s	m	s	m	w	s
LG30273	m	s	m	s	m	s
Lindsey	s	s	m	m	m	m
MAS15P	s	s	s	m	m	m
MAS20P	s	s	m	w	s	s
MAS20S	s	m	w	m	s	m
MAS29H	s	m	w	s	w	s
Millesim	s	s	s	w	w	w
Mosso	s	w	w	s	m	s
NK Nekta	w	w	s	m	m	w
Noriko	w	s	s	s	s	m

Opcja	w	w	m	s	s	w
P8134	m	s	s	s	m	s
P8400	s	w	s	w	m	s
P9027	m	s	m	s	w	m
P9400	s	m	m	m	s	m
Perinio KWS	w	s	s	m	m	w
PR38N86	m	w	m	s	w	m
Prollix	s	s	m	m	w	s
Ricardinio	w	w	s	s	s	w
Rivaldinio KWS	s	s	s	s	s	s
Rogoso	s	w	w	m	m	m
Ronaldinio	s	m	s	m	m	s
Rosomak	s	s	s	w	s	w
Sativo	w	w	m	w	m	w
Silvinio	w	s	s	s	s	w
SM Hetman	s	w	s	s	s	s
SM Hubal	s	s	s	w	m	s
SM Jubilat	w	w	s	s	s	w
SY Cooky	s	s	w	m	m	s
SY Enigma	s	s	s	s	m	s
SY Gibuti	w	m	s	s	s	s
SY Multipass	w	w	m	m	m	w
SY Multitop	s	s	m	m	s	s
SY Rotango	w	s	s	s	s	w
SY Werena	w	w	w	s	w	s
Tonacja	w	s	m	m	m	s
Urani CS	w	m	m	w	w	s

Ocena podatności odmiany: m – mała; s – średnia; w – większa
Źródło: opracowanie własne COBORU

V. REGULACJA ZACHWASZCZENIA

1. NAJWAŻNIEJSZE GATUNKI CHWASTÓW

Kukurydza jest rośliną wysiewaną najpóźniej spośród wszystkich krajowych roślin uprawnych. Zaletą tego terminu jest możliwość przygotowywania stanowiska (orka jesienna, bronowanie, kultywator) w momencie, gdy znajduje się na nim stosunkowo dużo chwastów. Starannie wykonana uprawa przyczyni się do ich zniszczenia. Pozostałe cechy uprawy kukurydzy sprzyjają silnemu zachwaszczeniu. Do podstawowych należy: szeroka rozstawa rzędów, na ogół wynosząca 70 cm i rzadki w nich siew, w przeliczeniu 8 do 10 roślin/m^2 oraz długi okres wschodów związany z głębokością siewu wynoszącą około 5 cm. Typowo pionowy wzrost wąskiej w przekroju, nierozgałęziającej się rośliny, stanowi minimalną konkurencję dla chwastów, zwłaszcza w początkowym okresie rozwoju. Bez względu na warunki otoczenia, co najmniej przez około miesiąc od siewu powierzchnia pola kukurydzy pozostaje do dyspozycji chwastów prawie zupełnie pozbawionych konkurencji rośliny uprawnej. Jeżeli w tym czasie nastąpi ocieplenie łącznie z opadami deszczu, to spowoduje bardzo szybki wzrost chwastów. Jak wynika z analizy czynników towarzyszących początkowemu wzrostowi kukurydzy, bez względu jakie by nie były – zawsze sprzyjają jej zachwaszczeniu.

Ogólnie w uprawach kukurydzy występuje ponad 100 gatunków chwastów, ale popularnych jest około 40. Ich nasilenie jest związane z tzw. „bankiem nasion", czyli zasobem nasion w glebie, uzależnionym przede wszystkim od chwastów występujących w przedplonach, a także warunków środowiska. Należy do nich typ gleby, jej kwasowość, zasobność w wodę, żyzność oraz temperatura gleby. Dodatkowym elementem jest uprawa. W tradycyjnych metodach, uwzględniających płodozmian, na polach występuje od kilka do kilkunastu jednorocznych gatunków jednoliściennych i dwuliściennych. Większą bioróżnorodność chwastów można zauważyć na plantacjach prowadzonych w monokulturach. Takie stanowiska stają się siedliskami chwastów prosowatych (chwastnica, paluszniki, włośnice) i szarłatu szorstkiego (Rola i Rola 1996). Z kolei na polach objętych różnymi typami uprawy uproszczonej pojawiają się chwasty wieloletnie. Najczęściej występujące gatunki chwastów w kukurydzy wraz z ich krótką charakterystyką zestawiono w tabeli 14.

Tabela 14. Charakterystyka chwastów najczęściej występujących w uprawie kukurydzy

Gatunek chwastu	Zagrożenia i krótka charakterystyka
Bodziszek drobny (*Geranium pusillum* Burm. F. ex L.)	groźny podczas masowego występowania w trakcie wschodów kukurydzy, do trzech pokoleń w czasie wegetacji. Preferuje wilgotne gleby próchniczne bogate w wapno
Bylica pospolita (*Artemisia vulgaris* L.)	gatunek wieloletni azotolubny, konkurencyjny ze względu na osiąganą wysokość (do 2,0 m). Preferuje gleby żyzne
Chaber bławatek (*Centaurea cyanus* L.)	gatunek szybko rosnący, o dużym potencjale konkurencyjnym – pobiera wodę i składniki pokarmowe, a także silnie zacieniający. W kukurydzy występuje rzadko, ale na ogół masowo. Pod względem gleby niewymagający
Chwastnica jednostronna [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.]	ciepłolubna, masowo występuje zwłaszcza na polach nawożonych obornikiem. Lubi gleby żyzne, bogate w azot i wapń, bardzo konkurencyjna
Dymnica pospolita (*Fumaria officinalis* L.)	groźna podczas masowego występowania w trakcie wschodów kukurydzy. Preferuje gleby wilgotne, próchniczne, przewietrzone, zasobne w azot i wapno
Farbownik polny [*Anchusa arvensis* (L.) M. Bieb.]	silnie rozrasta się gniazdowo, niebezpieczny nawet w uprawach sianych w tak szerokich międzyrzędziach. Groźniejszy na glebach lekkich, preferuje odczyn kwaśny (dawna nazwa krzywoszyj polny)
Fiołek polny (*Viola arvensis* Murray)	mylony z fiołkiem trójbarwnym, mimo masowego występowania dla kukurydzy mało konkurencyjne. Mało wymagające pod względem gleb
Gorczyca polna (*Sinapis arvensis* L.)	szybko rosnąca, o dużym potencjale konkurencyjnym – pobiera wodę i składniki pokarmowe, a także silnie zacieniająca w początkowej fazie wzrostu kukurydzy. Lubi gleby żyzne, wskaźnik gleb gliniastych
Gwiazdnica pospolita [*Stellaria media* (L.) Vill.]	gatunek mało konkurencyjny dla kukurydzy
Iglica pospolita [*Erodium cicutarium* (L.) L'Hér.]	groźna podczas masowego występowania w trakcie wschodów kukurydzy; preferuje gleby piaszczyste i gliniaste, lekko zakwaszone. Jest to gatunek azotolubny
Jasnota purpurowa (*Lamium purpureum* L.)	gatunek mało konkurencyjny dla kukurydzy
Jasnota różowa (*Lamium amplexicaule* L.)	gatunek mało konkurencyjny dla kukurydzy
Komosa biała (*Chenopodium album* L.)	szybko rosnąca, o dużym potencjale konkurencyjnym – pobierająca wodę i składniki pokarmowe, a także silnie zacieniająca. Lubi gleby przewietrzone, nawożone obornikiem, żyzne, bogate w azot i potas
Łoboda rozłożysta (*Atriplex patula* L.)	szybko rosnąca, o dużym potencjale konkurencyjnym – pobiera wodę i składniki pokarmowe, a także silnie zacieniająca. Wymagania zbliżone do komosy

Mak polny (*Papaver rhoeas* L.)	gatunek mało konkurencyjny dla kukurydzy, podobnie jak mak piaskowy i wątpliwy
Maruna nadmorska bezwonna (*Matricaria maritima* L. ssp. *indora*)	szybko rosnąca, o dużym potencjale konkurencyjnym – pobiera wodę i składniki pokarmowe, a także silnie zacieniająca. Występuje na różnych typach gleb
Ostrożeń polny [*Cirsium arvense* (L.) Scop.]	gatunek wieloletni, konkurencyjny pod każdym względem (pokarm, światło, woda, utrudniony zbiór). Preferuje wszystkie typy gleb
Palusznik krwawy (*Digitaria sanguinale* L.)	gatunek ciepłolubny, coraz częściej pojawiający się w kukurydzy. Należy do tzw. prosowatych, mylony z nieco niższym palusznikiem nitkowatym
Portulaka pospolita (*Portulaca oleracea* L.)	roślina niskiego piętra, ciepłolubna, w okresie gdy wschodzi już mało groźna dla kukurydzy. Lubi gleby lekkie, piaszczyste, nieco podmokle
Perz właściwy [*Elymus repens* (L.) Gould]	wieloletni gatunek charakterystyczny dla stanowisk zaniedbanych oraz dla monokultur, konkurencyjny, znacznie utrudnia prawidłowy rozwój systemu korzeniowego kukurydzy. Preferuje wszystkie typy gleb, najrzadziej występuje na stanowiskach piaszczystych o niskim pH
Powój polny (*Convolvulus arvensis* L.)	wieloletnie światłolubne pnącze. Zacienia i utrudnia wzrost, a nawet częściowo zbiór kukurydzy. Występuje na wszystkich typach gleb
Poziewnik szorstki (*Galeopsis tetrahit* L.)	konkurencyjny ze względu na małe wymagania świetlne. W zacienionym łanie kukurydzy dobrze rośnie i pobiera azot. Preferuje gleby gliniaste i lżejsze próchniczne
Przetaczniki (*Veronica* spp.)	gatunki mało konkurencyjne dla kukurydzy
Przytulia czepna (*Galium aparine* L.)	wybitnie konkurencyjna. Azotolubna, zacieniająca oraz utrudniająca wzrost, a nawet zbiór kukurydzy. Preferuje czarnoziemy i gleby gliniaste – żyzne i wilgotne
Psianka czarna (*Solanum nigrum* L. Em. Mill.)	ciepłolubna, konkurencyjna do końca wegetacji kukurydzy, wschodzi w kilku rzutach, azotolubna. Preferuje gleby lekkie, piaszczyste, przewietrzone, słabo kwaśne
Rdestówka powojowata [*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve]	groźny podczas masowego występowania w trakcie wschodów kukurydzy. Preferuje gleby lekkie do średnio ciężkich. Dobrze znosi suszę
Rdest plamisty *Polygonum persicaria* L.	konkurencyjny, w zależności od stanowiska na glebach żyznych, wilgotnych i lekko kwaśnych dorasta do 1 m, na torfowych może osiągnąć wysokość zaledwie 5 cm
Rdest szczawiolistny (*Polygonum lapathifolium* L. ssp. *lapathifolium*)	dość konkurencyjny, dorasta do 1 m wysokości. Lubi gleby gliniaste, ciężkie, podmokłe. Dawna nazwa rdest kolankowy.
Rdest ptasi (*Polygonum aviculare* L.)	gatunek typowo światłolubny, dla kukurydzy raczej mało konkurencyjny
Rumianek pospolity [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert]	szybko rosnący, konkurencyjny – pobiera wodę i składniki pokarmowe i w początkowej fazie wzrostu silnie zacieniający. Jest wskaźnikiem gleb gliniastych

Rzodkiew świrzepa (*Raphanus raphanistrum* L.)	szybko rosnąca, o dużym potencjale konkurencyjnym – pobiera wodę i składniki pokarmowe, a także silnie zacieniająca, zwłaszcza w początkowym okresie wegetacji. Lubi gleby piaszczyste i gliniaste, lekko kwaśne
Stulicha psia [*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl]	szybko rosnąca, wyjątkowo plenna, o dużym potencjale konkurencyjnym – pobiera wodę i składniki pokarmowe, a także silnie zacieniająca. Ma małe wymagania glebowe
Szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus* L.)	ciepłolubny, światłolubny, o bardzo silnym wzroście, konkurencyjny do końca wegetacji kukurydzy, wschodzi w kilku rzutach, azotolubny. Preferuje gleby lekkie, piaszczyste, próchniczne
Tasznik pospolity [*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.]	gatunek mało konkurencyjny dla kukurydzy
Tobołki polne (*Thlaspi arvense* L.)	gatunek mało konkurencyjny dla kukurydzy
Włośnica sina [*Setaria glauca* (L.) P.B.]	ciepłolubny gatunek z grupy tzw. prosowatych, często mylony z włośnicą zieloną. Gatunki groźne tylko podczas masowego występowania
Zaślaz pospolity (*Abutilon theophrasti* Medik.)	to nowo pojawiający się gatunek na terenach Polski, obecnie południowej. Bardzo silny wzrost, osiąga 1,5–2,5 m wysokości, konkurencyjny pod każdym względem
Żółtlica drobnokwiatowa (*Galinsoga parviflora* Cav.)	ciepłolubna, wybitnie konkurencyjna w walce o wodę (bardzo silna transpiracja). W czasie sezonu wegetacyjnego potrafi wydać kilka pokoleń, wyjątkowo wrażliwa na przymrozki. Występuje na większości gleb żyznych

Źródło: Kaniuczak i Pruszyński (2007); Paradowski (2013, 2015a, b)

Fot. 13. Komosa biała w kukurydzy (fot. R. Kierzek)

Fot. 14. Ostrożeń polny w kukurydzy (fot. P. Bereś)

Fot. 15. Szarłat szorski w kukurydzy (fot. R. Kierzek)

Fot. 16. Chwasty stanowią naturalną konkurencję dla roślin kukurydzy o stanowisko, światło, wodę i składniki pokarmowe (fot. P. Bereś)

Fot. 17. Przy silnym zachwaszczeniu rośliny kukurydzy są ograniczone we wzroście i mogą wykazywać objawy niedoboru składników pokarmowych np. azotu (fot. P. Bereś)

2. NIECHEMICZNE METODY REGULACJI ZACHWASZCZENIA

Walkę z chwastami metodami mechanicznymi najlepiej rozpocząć od podorywki, przeprowadzonej bezpośrednio po zbiorze przedplonu. Podorywka powinna być płytka, wykonana na głębokość 5–7 cm, gdyż ogranicza wówczas straty wilgoci w glebie, niszczy już rosnące chwasty oraz pobudza kolejne nasiona do kiełkowania. Aby zapobiec stratom wody, pole należy jak najszybciej zabronować. W miarę wschodów chwastów można stosować kultywator lub ciężkie brony albo wykonać orkę zimową na głębokość 25–30 cm, pozostawiając na zimę wysztorcowane skiby. Nasiona roślin jarych po skiełkowaniu i wschodach, giną po wystąpieniu ujemnej temperatury, a przemieszczone w głąb gleby wschodzą podczas wiosny. W momencie, gdy warunki wilgotnościowo-glebowe pozwalają na wjazd sprzętu bez groźby zniszczenia struktury gleby, należy przystąpić do bronowania. Czynność ta zmniejsza parowanie, co powoduje szybsze nagrzanie gleby, w efekcie kolejne nasiona zostają pobudzone do kiełkowania. Kolejne bronowanie lub użycie kultywatora, włóki lub agregatu niszczy wschodzące chwasty. Czasu na wiosenne przygotowanie gleby jest stosunkowo dużo, gdyż kukurydza to jedna z najpóźniej sianych roślin uprawnych. Po ostatecznym przygotowaniu gleby przystępuje się do siewu.

Odchwaszczając mechanicznie kukurydzę po wschodach, należy dostosować rozstaw kół ciągnika oraz opielaczy do szerokości międzyrzędzi. Istnieje duży wybór sekcji roboczych do odchwaszczania kukurydzy i można wybrać odpowiednie – dostosowane do zachwaszczenia plantacji. Pielenie ręczne jest możliwe, ale ze względu na czasochłonność rzadko stosowane i jeżeli to zazwyczaj jedynie na małych plantacjach. Na niedużych polach chwasty w rzędach oraz w ich bezpośrednim sąsiedztwie można niszczyć ręcznie, a w międzyrzędziach opielaczami. Skuteczne pielenie to wyrywanie lub motyczenie młodych chwastów. Usuwanie chwastów zaawansowanych w rozwoju grozi uszkodzeniem systemu korzeniowego młodej kukurydzy. Pielenie i mechaniczne odchwaszczanie najlepiej wykonać podczas przeciętnego uwilgotnienia gleby. Usuwanie chwastów podczas silnego uwilgotnienia gleby, powoduje ich wtórne ukorzenianie się, natomiast na stanowiskach przesuszonych niszczy strukturę gleby i może być przyczyną uszkodzenia, a nawet wyrwania roślin kukurydzy. Mechaniczne metody odchwaszczania kukurydzy, mimo skutecznych sposobów zwalczania chwastów środkami chemicznymi, nadal cieszą się dużą popularnością (Woźnica i wsp. 1995; Kapusta i wsp. 1996). Jednak skuteczność mechanicznego zwalczania chwastów budzi wątpliwości. Większość badaczy, np. Brzózka i wsp. (2001) uważa, że mechaniczne niszczenie chwastów bronami lub opielaczami nie chroni w pełni plantacji przed zachwaszczeniem, dlatego zaleca się zwalczanie chemiczne. Można zastosować jednak wariant pośredni, czyli połączenie metod mechanicznych z chemicznymi.

Istnieją dwa sposoby postępowania. Pierwszy zaleca przez jak najdłuższy czas prowadzić ochronę mechaniczną i dopiero w późnym terminie, ale zgodnym

Fot. 18. Kukurydza po mechanicznym odchwaszczaniu (fot. R. Kierzek)

z zaleceniami, wykonać zabieg chemiczny. Druga możliwość to prowadzenie ochrony równoległej. Możliwe jest stosowanie herbicydów do zwalczania chwastów w rzędach kukurydzy za pomocą do tego celu odpowiednio dostosowanych opryskiwaczy dozujących środki chwastobójcze pasowo na szerokości 15–20 cm. Dawkę preparatu należy wtedy przeliczyć i dostosować do rzeczywistej powierzchni opryskiwanej. W międzyrzędziach chwasty należy niszczyć mechanicznie. Metoda ta ogranicza zużycie herbicydów, co zmniejsza koszty chemicznej ochrony oraz w mniejszym stopniu ujemnie wpływa na środowisko. Należy jednak pamiętać, że przez okres około 30 dni po aplikacji herbicydów o działaniu doglebowym, nie należy stosować zabiegów mechanicznych.

3. METODY OKREŚLANIA LICZEBNOŚCI I PROGI SZKODLIWOŚCI

Chwasty w uprawie kukurydzy określa się w sposób szacunkowy lub szczegółowy. W praktyce na ogół zachwaszczenie określa się szacunkowo oceniając pokrycie gleby przez chwasty w łanie rośliny uprawnej. Przykładowo Rola (1996) prognozując straty plonu kukurydzy przy średnim stopniu zachwaszczenia (20–30% pokrycia gleby), określił je na poziomie 15%, przy dużym zachwaszczeniu (50–75% pokrycia) na 60%, a przy bardzo dużym, przekraczającym 75% pokrycia nawet na 90%. Szczegółowe określanie zachwaszczenia przeprowadza się określając średnią liczbę poszczególnych gatunków chwastów na 1 m^2. Wartość taka mogłaby być pomocna w określaniu progów szkodliwości. Ich określanie

jest zalecane w ramach stosowania metod integrowanych. Przekroczenie progu szkodliwości upoważnia do wykonania zabiegu zgodnie z uprawą (ochroną) integrowaną. Niestety dla kukurydzy (i innych upraw rolniczych) aktualnie nie opracowano obowiązujących progów szkodliwości. W literaturze popularnej, popularno-naukowej, w atlasach chwastów o charakterze ochroniarskim oraz materiałach upowszechnieniowych i reklamowych środków chwastobójczych, można znaleźć takie informacje. Niestety nie zawsze dane te pokrywają się. Nie mają one charakteru obligatoryjnego, ale mogą być pomocne podczas podejmowania decyzji o wykonaniu zabiegu. Przykładowe dane zebrał Paradowski (2015b), zamieszczono je w tabelach 15. i 16.

Tabela 15. Progi szkodliwości kilku gatunków chwastów dla kukurydzy

Roślina uprawna	Chwasty	Liczba chwastów na 1 m² w okresie żniw, powodująca spadek o 5%	
		plonu	sprawności zbioru
Kukurydza	komosa biała	0,5	2,0
	rdestówka powojowa	2,0	1,0
	szarłat szorstki	2,0	4,0
	chwastnica jednostronna	6,0	20,0

Źródło: Bereś i Mrówczyński (2013)

Tabela 16. Wpływ chwastnicy jednostronnej na plon zielonej masy kukurydzy

Liczba chwastnicy jednostronnej [m²]	Plon zielonej masy kukurydzy [t/ha]	Strata plonu zielonej masy kukurydzy [%]	Świeża masa chwastów [t/ha]
0	17,3	0	0
50	9,4	46	10
100	9,2	47	13

Źródło: Snopczyński za Rola

4. SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI

W Polsce dotychczas nie stworzono kompleksowego systemu wspomagania decyzji w ochronie kukurydzy przed chwastami. Jedynymi dostępnymi pomocami są różnego typu programy komputerowe. Umożliwiają one przede wszystkim, po określeniu składu gatunkowego zachwaszczenia, na wybór optymalnej lub optymalnych substancji czynnych, nie wykluczając zalecenia zastosowania mieszaniny fabrycznej bądź zbiornikowej. Jedynym uzupełnieniem są publikowane programy ochrony oraz aktualne zalecenia w prasie rolniczej.

5. CHEMICZNE METODY REGULACJI ZACHWASZCZENIA

W integrowanych metodach uprawy preferowane są metody mechaniczne z jak najmniejszym udziałem metod chemicznych. Jednak rozsądne stosowanie zabiegów chemicznych uwzględniających Dobrą Praktykę Ochrony Roślin również znajduje swoje miejsce w odchwaszczaniu kukurydzy.

W ochronie kukurydzy przed chwastami stosuje się 26 substancji czynnych, w formie herbicydów o jednej lub większej liczbie (na ogół dwóch, rzadziej trzech) substancji czynnych. Warto zaznaczyć, że 9 z nich (dimetenamid-P, florasulam, flufenacet, foramsulfuron, izoksaflutol, jodosulfuron metylososdowy, tienkarbazon metylu, topramezon i tritosulfuron) zarejestrowano tylko w formie komponentów mieszanin fabrycznych. W efekcie plantatorzy kukurydzy mają do dyspozycji około 140 herbicydów. W tej liczbie znajdują się potentaci. Przykładowo *nikosulfuron* jest prezentowany przez 55 herbicydów, z czego 45 zawierają sam nikosulfuron, a w pozostałych jest komponentem z innymi substancjami czynnymi. Rimsulfuron czy fabryczna mieszanina 2,4-D + florasulam to przykłady mające po kilkanaście odpowiedników. Wariantów z kilkoma odpowiednikami trudno zliczyć. Zarejestrowane herbicydy macierzyste oraz ich odpowiedniki w formie generyków i preparatów z importu równoległego zalecane w różnych terminach i mieszaninach dają ponad 200 możliwości odchwaszczania kukurydzy. Bazowe dane i zalecenia zestawiono w tabeli 17.

Chemicznie zachwaszczenie kukurydzy reguluje się zarówno herbicydami doglebowymi, jak i nalistnymi. Podstawą doboru herbicydów doglebowych jest przewidywanie, jakie gatunki chwastów wystąpią, czyli znajomość zasobności tzw. „banku nasion". Jednym z warunków uzyskania dobrego efektu chwastobójczego jest wykonanie zabiegu na dostatecznie wilgotną glebę. Jeżeli dawki herbicydów doglebowych podane są w zakresie „od… do…" to wyższe dawki należy stosować na glebach ciężkich, ewentualnie bogatych w próchnicę, na których kompleks sorpcyjny unieruchamia część zastosowanej substancji czynnej. Uwzględniając metody integrowane czasami warto zrezygnować z wysokich dawek na glebach ciężkich na rzecz wczesnych zabiegów nalistnych, a używane herbicydy nalistne należy dostosować do stadiów rozwojowych chwastów. W wypadku tej grupy herbicydów, jeżeli zalecenia również obejmują zakres dawek, wyższe dawki należy stosować na chwasty w fazach maksymalnej wrażliwości lub nieco przekraczających największą wrażliwość, a także gdy na polu znajduje się znaczna liczba chwastów średnio wrażliwych na aplikowaną substancję czynną. Zgodnie z metodami integrowanymi, optymalnym rozwiązaniem jest po określeniu gatunków zniszczyć je w jak najmłodszych fazach, stosując niskie dawki substancji czynnych. Wrażliwość kilkudziesięciu gatunków chwastów także zamieszczono w tabeli 16. Dobry efekt chwastobójczy zabiegów nalistnych, gwarantuje oprysk wykonany na rośliny suche oraz brak opadów wkrótce po zabiegu. Okres ten, w zależności od użytej substancji czynnej trwa od 1 do 6 godzin.

Tabela 17. Dawka, termin stosowania określony fazą rozwojową kukurydzy oraz wrażliwość chwastów na wybrane chwastobójcze substancje czynne (poziom skuteczności: 85–100%)

Substancja czynna, jej dawka i termin stosowania	Faza rozwojowa kukurydzy w skali BBCH	Wrażliwe gatunki chwastów
2,4-D 480–600 g/ha	13–16	chaber bławatek, gorczyca polna, komosa biała, tasznik pospolity, samosiewy rzepaku
2,4-D + florasulam 180–3,75 g/ha	12–16	chaber bławatek, gorczyca polna, gwiazdnica pospolita, komosa biała, mak polny, mlecz zwyczajny, maruna bezwonna, miłek letni, niezapominajka polna, ostrożeń polny, przytulia czepna, psianka czarna, rdest plamisty, rdest powojowy, rumian polny, rumianek pospolity, rzodkiew świrzepa, samosiewy rzepaku, stulicha psia, szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne, wyka wąskolistna, żółtlica drobnokwiatowa
Bromoksynil 250–400 g/ha	14–18	bieluń dziędzierzawa, chaber bławatek, gorczyca polna, komosa biała, kurzyślad polny, łoboda rozłożysta, maruna bezwonna, mlecz zwyczajny, mniszek pospolity, ostrożeń polny, podbiał pospolity, psianka czarna, powój polny, rdest plamisty, rdest powojowy, rumianek pospolity, rzodkiew świrzepa, samosiewy rzepaku, starzec zwyczajny, szczawie, szczyr roczny, tasznik pospolity, tobołki polne, żółtlica drobnokwiatowa
Cykloksydym 100–400 g/ha	14–16	chwastnica jednostronna, palusznik nitkowaty, palusznik krwawy, perz właściwy, włośnica sina, włośnica zielona (stosować tylko w wybranych – odpornych – odmianach kukurydzy!)
Dikamba 280–350 g/ha	13–16	bieluń dziędzierzawa, bniec biały, chabry, dymnica pospolita, gorczyca polna, gwiazdnica pospolita, komosa biała, łoboda rozłożysta, mak polny, niezapominajka polna, powój polny, przytulia czepna, rdestówka powojowa, rdesty, rumianek pospolity, rumian polny, rzodkiew świrzepa, sporek polny, starzec zwyczajny, szarłaty, szczaw polny, tasznik pospolity, tobołki polne, żółtlica drobnokwiatowa
Dikamba + topramezon 160–240 + 50–75 g/ha	12–16	chwastnica jednostronna, gwiazdnica pospolita, jasnota purpurowa, komosa biała, przytulia czepna, rdest powojowy, szarłat szorstki, tobołki polne
Dikamba + tritosulfuron 100 + 50 g/ha	12–15	gwiazdnica pospolita, jasnota purpurowa i różowa, komosa biała, maruna bezwonna, przetacznik bluszczykowy, przytulia czepna, rdest szczawolistny, rdestówka powojowa, rdest plamisty, rumianek pospolity, rumian polny, samosiewy rzepaku, stulicha psia, szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne, żółtlica drobnokwiatowa

Dimetenamid-P + pendimetalina 850 + 1000 g/ha	00	chwastnica jednostronna, przytulia czepna, komosa biała, rdest ptasi, tobołki polne, gwiazdnica pospolita
Flufenacet + izoksaflutol 360 + 75 g/ha	00	dymnica pospolita, fiołek polny, gwiazdnica pospolita, jasnoty, komosa biała, maruna bezwonna, rumian polny szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne, samosiewy rzepaku
Foramsulfuron + jodosulfuron 30–45 + 1,0–1,5 g/ha	12–16	bieluń dziędzierzawa, blekot pospolity, bodziszek drobny, chwastnica jednostronna, fiołek polny, gorczyca polna, gwiazdnica pospolita, jasnoty, komosy, łoboda rozłożysta, maruna bezwonna, mlecz polny, niezapominajka polna, perz właściwy, pokrzywa żegawka, poziewnik polny i szorstki, przetacznik bluszczykowy, proso, przytulia czepna, psianka czarna, psianka kosmata, rumian polny, rumianek pospolity, rzepień, rzodkiew świrzepa, samosiewy rzepaku, stulicha psia, sorgo, szarłat szorstki, szczyr roczny, tasznik pospolity, tobołki polne, uczep trójlistkowy, wiechlina roczna, włośnica sina i zielona, wilczomlecz obrotny, wyczyniec polny, złocień polny, żółtlica drobnokwiatowa, życice
Glifosat 720 g/ha	00–09	jednoroczne jednoliścienne i dwuliścienne chwasty w fazie nie starszej niż dwa, maksymalnie cztery liście właściwe
Izoksaflutol + tienkarbazon metylu 75–100 + 30–40 g/ha	00 i 11–12	chwastnica jednostronna, fiołek polny, gwiazdnica pospolita, jasnota purpurowa, komosa biała, przytulia czepna, rdest powojowy, rdest ptasi, włośnice, rumian pospolity, samosiewy rzepaku, szarłat szorstki, tasznik pospolity
Linuron 675-900 g/ha	00	gorczyca polna, gwiazdnica pospolita, komosa biała, niezapominajka polna, pokrzywa żegawka, sporek polny, starzec zwyczajny, tasznik pospolity, tobołki polne, wyka ptasia, żółtlica drobnokwiatowa
Mezotrion 100–150 g/ha	14–15	chwastnica jednostronna, fiołek polny, komosa biała, szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne, żółtlica drobnokwiatowa
Nikosulfuron 30–60 g/ha	12–19	chwastnica jednostronna, fiołek polny, gorczyca polna, gwiazdnica pospolita, jasnota purpurowa, perz właściwy, przytulia czepna, rdest powojowaty, szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne, żółtlica drobnokwiatowa
Pendimetalina 1200–1650 g/ha	00 i 11–12	chwastnica jednostronna, gorczyca polna, gwiazdnica pospolita, jasnota różowa i purpurowa, komosa biała, przytulia czepna, rzodkiew świrzepa, sporek polny, szarłat szorstki, wiechlina roczna, włośnice
Petoksamid 1200 g/ha	00–14	blekot pospolity, bodziszek drobny, chwastnica jednostronna, farbownik polny, gorczyca polna, jasnota purpurowa, przetacznik perski, psianka czarna, rdest plamisty, szarłat szorstki, rumian polny, tasznik pospolity, tobołki polne, wilczomlecz obrotny

Rimsulfuron 12,5–15,0 g/ha	10–17	chwastnica jednostronna, dymnica pospolita, gorczyca polna, gwiazdnica pospolita, jasnoty, maruna bezwonna, ostrożeń polny, palusznik krwawy, perz właściwy, przytulia czepna, rumian polny, rumianek pospolity, rzodkiew świrzepa, samosiewy rzepaku, szarłaty, szczawie, tasznik pospolity, tobołki polne, wilczomlecz obrotny, włośnice
S-metolachlor 1440 g/ha	00 i 11–14	chwastnica jednostronna, paluszniki, włośnice
Sulkotrion 450 g/ha	14–16	bodziszek drobny, chwastnica jednostronna, fiołek polny, jasnota purpurowa, komosa biała, przetaczniki, psianka czarna, rumian polny, szarłat szorstki
Tembotrion 75–100 g/ha	14–16	chwastnica jednostronna, dymnica pospolita, farbownik polny, fiołek polny, gwiazdnica pospolita, jasnota purpurowa, komosa biała, maruna bezwonna, przytulia czepna, rdest ptasi (w fazie siewek), rumian polny, samosiewy rzepaku, szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne, włośnica sina i zielona
Terbutyloazyna 750 g/ha	00 i 11–16	bodziszek drobny, fiołek polny, gwiazdnica pospolita, komosa biała, maruna bezwonna, mlecz zwyczajny, przytulia czepna, rdesty, szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne
Tifensulfuron metylowy 7,5–11 g/ha	10–18	gorczyca polna, gwiazdnica pospolita, poziewnik szorstki, rumian polny, rumianek pospolity, rdesty, rzodkiew świrzepa, szarłat szorstki, samosiewy rzepaku, tobołki polne, tasznik pospolity

Źródło: aktualne etykiety herbicydów zarejestrowanych w Polsce przez MRiRW; Czubiński i Paradowski (2014)

Odchwaszczanie kukurydzy w ramach metod integrowanych oparte jest przede wszystkim na stosowaniu herbicydów według oficjalnych zaleceń zamieszczonych w etykietach. Do ogólnych zasad, które trzeba przestrzegać przy ochronie chemicznej, należy wykonanie zabiegów na rośliny zdrowe, nieuszkodzone przez przymrozki, żerowanie szkodników oraz działanie patogenów. Należy zwrócić uwagę, że działanie każdego herbicydu zależy od temperatury powietrza mierzonej przy powierzchni gleby i szeroko rozumianej wilgotności, w innym zrozumieniu dla preparatów o działaniu doglebowym i innym dla stosowanych nalistnie. W pierwszym przypadku wilgotność gleby jest konieczna do zaktywizowania preparatu, w drugim wilgotne rośliny lub opady krótko po zabiegu mogą być przyczyną osłabienia działania preparatu. Szczegółowe zalecenia i przeciwwskazania są podane w etykietach środków chwastobójczych, które są dokumentem i wytyczne w nich zamieszczone są obowiązujące. Przestrzeganie

wszystkich zaleceń jest zgodne z zasadami integrowanej ochrony oraz uzasadnione z ekonomicznego i ekologicznego punktu widzenia.

Zabiegi nalistne należy wykonywać w optymalnych fazach wrażliwości chwastów. Każde opóźnienie zabiegu wiąże się z niepotrzebnym, ale w takim wypadku koniecznym, zwiększeniem dawki. Często dawkę zwiększa się, jeśli występuje znaczna liczba chwastów średnio wrażliwych. W obu przypadkach nie jest to zgodne z metodami integrowanymi. W takiej sytuacji korzystniej jest zastosować mieszaninę dwóch substancji czynnych w mniejszych dawkach lub wykonać dwa zabiegi (Kierzek i wsp. 2011a, b). Do zabiegów nalistnych warto wykorzystać zalecane adiuwanty (Skrzypczak i wsp. 1998).

Zgodnie z aktualnymi przepisami **tylko na własną odpowiedzialność** można stosować dawki obniżone, dawki dzielone (zabieg doglebowy i nalistny lub dwa zabiegi nalistne) oraz mieszaniny herbicydów i mieszaniny herbicydów z udziałem różnych agrochemikaliów. Stanowi to podstawę do badań nad nowymi rozwiązaniami, których efekty łączą aspekty ekonomiczne i ekologiczne, zgodne z metodami integrowanymi. Badania takie są prowadzone w wielu placówkach. Mogą one stanowić podstawę do głębszej analizy i wykorzystania w ramach metod integrowanych. Poniżej kilka przykładów.

W dwóch sezonach wegetacyjnych przeprowadzono badania w skrajnie odmiennych warunkach klimatycznych (2010 wilgotno, 2011 susza), w których stosowano dwa niezależne zabiegi obniżonymi dawkami herbicydów, czyli połączono wszystkie elementy które można uznać za korzystne w metodach integrowanych (tab. 18). Pierwszy zabieg doglebowy wykonano bezpośrednio po siewie, natomiast do drugiego zabiegu zastosowano różne herbicydy z dodatkiem odpowiedniego adiuwanta olejowego. Ważną zaletą tego typu systemów odchwaszczania jest wysoka efektywność łącznie z zabezpieczeniem przed zachwaszczeniem wtórnym i większe bezpieczeństwo dla środowiska. Przeprowadzone doświadczenia pozwalają prześledzić skuteczność chwastobójczą w zależności od warunków meteorologicznych. Ich wpływ na efekt chwastobójczy oceniali także podczas prowadzenia własnych badań z udziałem mezotrionu i nikosulforonu (Snopczyński i Gołębiowska 2008). Szczególną uwagę zwrócili na warunki klimatyczne łącznie z terminem zabiegu, jako zintegrowanego czynnika decydującego o skutecznym działaniu tych substancji czynnych. Ponadto uzyskuje się zadawalający efekt ekonomiczny, bowiem sumaryczne dawki herbicydów przy dwóch niezależnych zabiegach są nawet niższe lub takie same jak pełna dawka herbicydu stosowanego w jednym zabiegu.

W badaniach przeprowadzonych w 2011 roku porównano działanie herbicydów stosowanych w dawkach dzielonych w dwóch terminach (tab. 19). Istnieje możliwość wykonania takich zabiegów w kilku wariantach. Jako zabieg bazowy można wykonać oprysk bezpośrednio po siewie (T0), a kolejny dopiero w fazie około 5–6 liści (T2). Również można wykonać oba zabiegi nalistne po wschodach kukurydzy, przy czym pierwszy zabieg wczesno-nalistny w fazie 1–2 liści kukurydzy (T1),

Tabela 18. Skuteczność zwalczania chwastów w kukurydzy w obniżonych dawkach, z wykorzystaniem systemu dwóch oddzielnych zabiegów (2010 – sezon wilgotny; 2011 – sezon suchy)

Nazwa obiektu	Dawka na ha (% dawki zalecanej)	Termin zabiegu	Skuteczność zniszczenia chwastów (ocena zachwaszczenia 4 tygodnie po zabiegu)					
			komosa biała		chwastnica jednostronna		rdesty	
			sezon wilgotny	sezon suchy	sezon wilgotny	sezon suchy	sezon wilgotny	sezon suchy
Kontrola [liczba chwastów szt./m^2] Udział w całej populacji [%]	–	–	86 szt. 55%	27 szt. 40%	15 szt. 9%	15 szt. 22%	7 szt. 5%	8 szt. 12%
Mez. + S-met. + ter.	100%	T0	+++	+	+++	±	+++	+
Mez. + S-met. + ter. Nik. + rim. + adiuwant	43% 39%	T0 T2	+++	++	+	+++	+	++
Mez. + S-met. + ter. Nik. + adiuwant	43% 33%	T0 T2	+++	++	+	+++	++	+++
Mez. + S-met. + ter. Rim. + adiuwant	43% 50%	T0 T2	+++	++	±	+	++	++
Mez. + S-met. + ter. For. + jod. + adiuwant	43% 40%	T0 T2	++	+	+	+	+	+++

Termin zabiegu: T0 – doglebowo, przed wschodami kukurydzy;
T2 – w fazie 4–6 liści kukurydzy
s.cz.: for. – foramsulfuron; jod. – jodosulfuron; mez. – mezotrion; ter. – terbutyloazyna; S-met – metolachlor
Skuteczność chwastobójcza: (+++) – bardzo dobra (96–100%); (++) – dobra (86–95%); (+) – średnia (71–85%) (±) – słaba (51–70%); (–) – brak skuteczności (poniżej 50%)
Źródło: Kierzek i Paradowski (2012)

a drugi w fazie 5–7 liści (T2).Wybór wariantu zależy przede wszystkim od warunków klimatycznych. Należy wziąć pod uwagę wilgotność gleby, temperaturę łącznie z jej wahaniami podczas doby oraz tempo wzrostu chwastów. Także i w tym wariancie doświadczalnym poza jednym przypadkiem (tiokarbazon metylu + izoksaflutol w pierwszym zabiegu oraz rimsulfuron w drugim zabiegu), w którym zastosowano po 50% dawki, w pozostałych kombinacjach sumaryczna ilości substancji czynnych w obu zabiegach była niższa niż 100% dawki podstawowej.

Tabela 19. Zwalczanie chwastów w kukurydzy herbicydami stosowanymi w dwóch różnych terminach obniżonymi dawkami

Kombinacja	Dawka na ha [% dawki zalecanej]	Termin zabiegu	Skuteczność zniszczenia chwastów w %				
			komosa biała	szarłat szorstki	rdest plamisty	rdestówka powojowa	chwastnica jednostronna
System dwóch zabiegów – doglebowy (T0) i nalistny (T2)							
Kontrola [liczba chwastów szt./m^2] Udział w całej populacji [%]	–	–	27 szt. 45%	10 szt. 17 %	7 szt. 12%	5 szt. 8%	10 szt. 17%
Mez. + S-met. + ter.	100%	T0	++	+++	+++	++	±
Mez. + S-met. + ter. Nik. + rim. + adiuwant	43% 39%	T0 T2	++	+++	++	++	+++
Mez. + S-met. + ter. Nik. + adiuwant	43% 33%	T0 T2	+++	+++	+++	+++	+++
Mez. + S-met. + ter. Rim. + adiuwant	43% 50%	T0 T2	±	+++	++	++	+
Mez. + S-met. + ter. For. + jod. + adiuwant	43% 40%	T0 T2	+++	+++	+++	++	+
System dwóch zabiegów – wczesno nalistny (T1) i nalistny (T2)							
Mez. + S-met. + ter.	100%	T1	+++	+++	+++	+++	+++
Mez. + S-met. + ter. Nik. + rim. + adiuwant	43% 39%	T1 T2	+++	+++	+++	+++	±
Mez. + S-met. + ter. Nik. + adiuwant	43% 33%	T1 T2	+++	+++	+++	+++	+++
Mez. + S-met. + ter. Rim. + adiuwant	43% 50%	T1 T2	+++	+++	+++	+++	++
Mez. + S-met. + ter. For. + jod. + adiuwant	43% 40%	T1 T2	+++	+++	+++	+++	+++
System dwóch zabiegów – wczesno nalistny (T1) i nalistny (T2)							
T-me. + izo.	100%	T1	+	+++	+++	+++	+++

T-me. + izo. Nik. + rim. + adiuwant	50% 39%	T1 T2	+++	+++	+++	+++	+++
T-me. + izo. Nik. + adiuwant	50% 33%	T1 T2	++	+++	+++	+++	+++
T-me + izo Rim. + adiuwant	50% 50%	T1 T2	±	+++	+++	+++	+++
T-me + izo For. + jod. + adiuwant	50% 40%	T1 T2	+	+++	+++	+++	++

T0 – doglebowo, przed wschodami kukurydzy; T1 – nalistnie, w fazie 1–2 liści kukurydzy; T2 – nalistnie, w fazie 5–7 liści kukurydzy. s.cz.: for. – foramsulfuron; izo. – izoksaflutol; t-me. – tienkarbazon metylu; jod. – jodosulfuron; mez. – mezotrion; ter. – terbutyloazyna; S-met – metolachlor. Do wszystkich zabiegów w terminie T2 dodano adiuwant.
Skuteczność chwastobójcza: (+++) – bardzo dobra (96–100%); (++) – dobra (86–95%); (+) – średnia (71–85%) (±) – słaba (51–70%); (–) – brak skuteczności (poniżej 50%)
*adiuwant – Atpolan Bio 80 SL w dawce 1,0 l/ha
Źródło: Kierzek i Paradowski (2012)

Celem badań przeprowadzonych w latach 2009–2010 była ocena skuteczności niezarejestrowanych mieszanin zbiornikowych na bazie zarejestrowanych pojedynczych herbicydów. Koniecznym wymogiem stosowania takich mieszanin jest zgodny termin stosowania wszystkich komponentów. W przeprowadzonych badaniach kombinacją bazową była fabryczna mieszanina mezotrion + nikosulfuron. Stosowano ją z ośmioma innymi substancjami czynnymi, także łącznie z adiuwantami. Zabiegi wykonano w fazie 3–4 liści kukurydzy, gdy zdecydowana większość chwastów znajdowała się w fazie od 4 do 6 liści. Spośród 12. gatunków chwastów dość pospolicie występujących w kukurydzy, w najgorszym wypadku uzyskano skuteczność wynoszącą 91% (tab. 20). Postęp w rozbudowywaniu mieszanin zbiornikowych jest ciągły. Należy zwrócić uwagę, że zanim fabryczna mieszanina mezotrion + nikosulfuron pojawiła się na rynku, przez szereg lat była badana jako mieszanina zbiornikowa. Badania takie prowadzili: Gołębiowska i Rola (2003), Paradowski i Praczyk (2005), Kierzek i Adamczewski (2008). Drzewiecki i Pietryga (2010) badali tę kombinację w formie mieszaniny fabrycznej potwierdzając między innymi jej bardzo wysoką skuteczność w zwalczaniu komosy białej. Badania nad bardziej rozbudowanymi mieszaninami z udziałem mezotrionu prowadzili: Skrzypczak i wsp. (2007) oraz Snopczyński i Gołębiowska (2008).

Tabela 20. Skuteczność zwalczania chwastów w kukurydzy z użyciem fabrycznej mieszaniny mezotrion + nikosulfuron, stosowanej pojedynczo i w mieszaninach zbiornikowych z innymi herbicydami (wyniki z czterech doświadczeń przeprowadzonych w latach 2009–2010)

Kombinacje	**Dawka s.cz./ha**	**Skuteczność chwastobójcza [%]**											
		komosa biała	**psianka czarna**	**rdestówka powojowa**	**chaber bławatek**	**przytulia czepna**	**fiołek polny**	**bodziszek drobny**	**szarłat szorstki**	**poziewnik szorstki**	**rdest szczawiolistny**	**gorczyca polna**	**chwastnica jednostronna**
Kontrola (liczba chwastów/m²)/ (liczba doświadczeń)	–	30/4	52/1	20/3	26/2	10/3	31/3	5/3	4/2	6/1	4/1	7/1	6/1
Mezotrion + nikosulfuron	75 + 30	99	100	97	99	98	99	99	94	97	100	100	98
Mezotrion + nikosulfuron	94 + 38	100	–	99	100	99	99	99	94	–	100	100	99
Mezotrion + nikosulfuron	113 + 45	100	100	100	100	100	100	97	–	100	100	–	–
(Mezotrion + nikosulfuron) + (dikamba + tritosulfuron + adiuwant	(60 + 24) + (5 + 10) +1	100	100	99	100	100	100	97	91	–	–	100	100
(Mezotrion + nikosulfuron) + (bromoksynil + terbutylo-azyna)	(75 + 30) + (90 + 250)	100	100	100	100	99	100	98	99	100	100	100	100
(Mezotrion + nikosulfuron) + dikamba	(75 + 30) + 144	99	100	99	100	99	100	96	99	100	100	100	100
(Mezotrion + nikosulfuron) + (dikamba + prosulfuron) + adiuwant	(60 + 24) + (150 + 15) + 0,1%	100	100	99	100	99	100	99	97	97	100	100	97
(Mezotrion + nikosulfuron) + (2,4-D + florasulam)	(60 + 24) + (300 + 3,13)	100	100	99	100	99	100	99	95	100	100	100	97

(Foramsulfuron + jodosulfuron) + (bromoksynil + terbutyloazyna) + adiuwant	(375 + 12,5) + (162 + 450) + 1,5	100	100	100	100	99	100	97	100	100	100	100	98
(Nikosulfuron + rimsulfuron) + (bromoksynil + terbutyloazyna + adiuwant	(34,3 + 8,6) + (162 + 450) + 0,1%	100	100	93	100	99	93	100	100	100	100	100	100

Źródło: Kierzek i wsp. (2011b)

6. ŁĄCZNE STOSOWANIE HERBICYDÓW Z ADIUWANTAMI I BIOSTYMULATORAMI

Plantatorzy kukurydzy są zainteresowani także łącznymi zabiegami herbicydów z adiuwantami, nawozami mineralnymi (głównie płynnymi), bioregulatorami lub innymi biopreparatami. Do najczęściej stosowanych mieszanin należą łączne zabiegi z adiuwantami. Znaczna część oficjalnych zaleceń obejmuje kombinacje, w których łączne stosowanie herbicydów jest obligatoryjnie (np. dikamba + prosulfuron, dikamba + topramezon, foramsulfuron + jodosulfuron, mezotrion + nikosulfuron + rimsulfuron, nikosulfuron, nikosulfuron + rimsulfuron, rimsulfuron, tembotrion) lub wskazane (np. cykloksydym, dikamba + tritosulfuron, nikosulfuron). Podczas stosowania należy zwrócić uwagę w jakiej formie użytkowej produkowane są poszczególne herbicydy. Bywa, że takie same związki, właśnie ze względu na formulację są różnie zalecane. Przykładowo foramsulfuron + jodosulfuron w formulacji WG wymaga adiuwanta, który w formulacji OD nie jest zalecany, ponieważ znajduje się już w jej składzie. Podobnie nikosulfuron, który oprócz formulacji WG i OD jest także produkowany w formie użytkowej SC, do której nie wymaga się, ale jedynie zaleca dodatek adiuwanta. Zagadnienie łącznego stosowania herbicydów z adiuwantami jest szeroko opisane w literaturze. Kierzek i Miklaszewska (2009), Skrzypczak i wsp. (1998) szerzej opisali redukcję zachwaszczenia kukurydzy przez stosowanie herbicydów z adiuwantami w różnych technologiach uprawy.

Często mieszaniny herbicydów z nawozami płynnymi lub biostymulatorami wywołują zbliżony efekt, a sami naukowcy traktują je w dwojaki sposób. Przykładowo związek o handlowej nazwie Siapton (kwasy aminowe), Bytniewska (1985) traktuje jako nawóz, a z kolei Mladenova i wsp. (1998) jako biostymulator. Łączne stosowanie herbicydów i podstawowych składników nawozowych przez wielu praktyków jest nieakceptowane. Równoczesne stosowanie składników pokarmowych dla roślin uprawnych i zwalczanych uważa się za błąd, ponieważ korzystają

z tego obie grupy roślin. Wielu praktyków uważa, że zabieg nawożenia zgodnie z metodami integrowanymi powinno się wykonywać po zastosowaniu herbicydów. Podobne stanowisko przyjmowano także w stosunku do łącznych zabiegów środków chwastobójczych z biostymulatorami. Zachodzi tu jednak nieco inny mechanizm. Biostymulatory przyśpieszają i usprawniają przebieg procesów fizjologicznych mających wpływ na wzrost i prawidłowy rozwój roślin. W przypadku chwastów, równocześnie zaaplikowana substancja czynna jest bardziej aktywnie rozprowadzana z biostymulatorem, co sprzyja szybszemu jej rozprzestrzenianiu się i przyspieszaniu procesów fitotoksycznych powodujących zamieranie chwastów.

Do bardziej znanych (zarejestrowanych) biostymulatorów należy Asahi, który zawiera trzy związki z grupy pochodnych nitrofenoli. Preparat zalecany jest w wielu uprawach, szeroko i przez wielu autorów opisany także w kukurydzy: Gawrońska i wsp. (2008), Matysiak i wsp. (2011). Nowszym biostymulatorem jest Aminoplant (zawiera 18 L-aminokwasów pochodzących z hydrolizy białek zwierzęcych), również już badany w innych uprawach (Cambri i wsp. 2008, Kierzek i wsp. 2013). W przeprowadzonym doświadczeniu porównano oba biostymulatory stosując je z fabryczną mieszaniną chwastobójczą (bromoksynil + terbutyloazyna). Efekt chwastobójczy na wszystkich kombinacjach był wysoki i wyrównany. Dodatek obu biostymulatorów we wszystkich wariantach miał dodatni wpływ na przyrost świeżej masy kukurydzy (tab. 21).

Tabela 21. Wpływ stosowania biostymulatora Aminoplant łącznie z mieszaniną chwastobójczą na plon ziarna kukurydzy

Obiekt	Dawka na ha [l]	Termin zabiegu	Średni plon [t/ha] 2011–2013	Średni wzrost plonu [%]
Bromoksynil + terbutyloazyna	2,0	T2	11,27	100
Bromoksynil + terbutyloazyna/ Aminoplant [Aminoplant]	2,0/1,5 [1,5]	T2/ T2a [T3]	12,34	109,5
Bromoksynil + terbutyloazyna + Aminoplant [Aminoplant]	2,0 + 1,5 [1,5]	T2 [T3]	11,70	103,8
Bromoksynil + terbutyloazyna + Aminoplant [Aminoplant + Basfoliar 36 Extra + ADOB Zn]	2,0 + 1,5 [1,5 + 10 + 2]	T2 [T3]	12,85	114,0
Bromoksynil + terbutyloazyna + Asahi [Asahi]	2,0 + 0,6 [0,6]	T2 [T3]	12,62	112,0

T2 (BBCH 14–16) – w fazie 4–6 liści kukurydzy: T2a (BBCH 14–16) – kilka godzin po zabiegu T2 (minimum 6 godz.); T3 10–14 dni po zabiegu T2 (w fazie 6–8 liści kukurydzy)
Źródło: Kierzek i wsp. (2013)

Wspólnym mianownikiem przedstawionych doświadczeń jest całkowita selektywność stosowanych kombinacji w stosunku do roślin kukurydzy. Efektywne zwalczanie chwastów przy jednoczesnym braku fitotoksyczności w stosunku do kukurydzy powoduje przyrost jej masy zielonej bądź masy ziarna. Stąd formy stosowania środków chwastobójczych w logicznie obniżonych dawkach, w dawkach dzielonych oraz w umiejętnie dobranych mieszaninach, których komponenty mogą mieć różnorakie, ale uzupełniające pozytywne działanie, są jak najbardziej polecanymi rozwiązaniami w stosowaniu metod integrowanych.

Plantacja całkowicie wolna od chwastów jest dążeniem wszystkich rolników. Osiągnięcie takiego stanu, zwłaszcza przy obecnym asortymencie herbicydów, jest stosunkowo łatwe, ale wymaga bardzo wysokich nakładów finansowych. Z drugiej strony dążąc do takiego stanu należałoby zapomnieć o środowisku i zagadnieniach ekologii. Kukurydza od niepamiętnych lat była odchwaszczana różnymi metodami. Począwszy od ręcznego pielenia, przez pielenie mechaniczne z użyciem najprostszych narzędzi do bardziej skomplikowanych urządzeń napędzanych siłą ludzkich lub zwierzęcych mięśni, aż po wykorzystanie ciągników wyposażonych w różnego typu sprzęt odchwaszczający, często używany w formie agregatów. Do połowy lat 60. XX wieku dominowały metody mechaniczne i nastawał okres stosowania herbicydów. Ostatnie kilkadziesiąt lat to okres intensywnego stosowania herbicydów, czyli typowo chemicznej walki z chwastami.

Wieloletnie obserwacje połączone z doświadczalnictwem wykazały, że pole całkowicie pozbawione chwastów od momentu siewu do chwili zbioru nie jest koniecznym elementem uzyskania wysokiego i jakościowo dobrego plonu. Coraz większe zainteresowanie środowiskiem, spowodowało że zdecydowanie częściej większy nacisk kładzie się nie na zupełną eliminację chwastów, ale na regulację zachwaszczenia. Uwzględniane są tzw. progi szkodliwości, czyli liczebność chwastów (poszczególnych gatunków) na określonej powierzchni, poniżej której nie ma ekonomicznego uzasadnienia ich zwalczania. W efekcie mimo uzyskania pewnej doskonałość w zwalczaniu chwastów metodami chemicznymi, coraz częściej wraca się do metod stosowanych wcześniej, zwłaszcza wykorzystywania ich kompleksowo.

VI. OGRANICZANIE SPRAWCÓW CHORÓB

Roślinom kukurydzy w Polsce zagraża około 400 patogenów, które są odpowiedzialne za rozwój wielu chorób (Korbas 2006). Aktualnie najliczniejszą, a zarazem najgroźniejszą grupę stanowią grzyby patogeniczne (Dubas 2004; Korbas 2006, 2007; Bereś i wsp. 2007). W ostatnich latach coraz większą uwagę zwraca się również na wirusy oraz bakterie patogeniczne mogące porażać rośliny kukurydzy, z których część może być aktywnie przenoszona przez wektory owadzie (Trzmiel i Jeżewska 2006; Trzmiel 2008, 2011a; Krawczyk i wsp. 2011). Wśród 15 jednostek chorobowych dotychczas zidentyfikowanych na plantacjach kukurydzy w Polsce, aż 8 wywołują grzyby patogeniczne, 1 organizm grzybopodobny, 3 bakterie patogeniczne oraz 3 wirusy. Aktualne znaczenie tych chorób wraz z prognozą ich szkodliwości na najbliższe lata przedstawia tabela 22.

Tabela 22. Znaczenie chorób kukurydzy w Polsce wraz z prognozą szkodliwości

Choroba	Znaczenie gospodarcze	
	aktualne	prognoza
Bakteryjna plamistość liści kukurydzy (*Pantoeaananatis*)	+	+
Bakteryjne gnicie łodygi (*Enterobactercloaceae* subsp. *dissolvens*)	+	+
Choroba szalonych wiech [*Sclerophthora macrospora* (Sacc.) Thirum.]	+	+
Drobna plamistość liści kukurydzy (*Kabatiela zeae* Narita et Hiratsuka)	++	++(+)
Fuzarioza kolb kukurydzy (*Fusarium* spp.)	+++	+++
Głownia guzowata kukurydzy [*Ustilago maydis* (D.C.) Corda]	++	++(+)
Głownia pyląca kukurydzy [*Sphacelotheca reiliana* (Kühn) Clint.]	+	+(+)
Mozaika kukurydzy (MDMV, SCMV)	+	+
Mozaika stokłosy (BMV)	+	+
Rdza kukurydzy (*Puccinia sorghi* Schw.)	++	++(+)
Smugowata mozaika pszenicy na kukurydzy (WSMV)	+	+
Zaraza liści i więdnięcie naczyniowe kukurydzy i sorga (*Pantoea agglomerans*)	+	+
Zgnilizna korzeni i zgorzel podstawy łodygi (*Fusarium* spp.)	+++	+++

Zgorzel siewek (*Fusarium* spp., *Pythium* spp.)	+	+(+)
Żółta karłowatość jęczmienia na kukurydzy (BYDV-MAV, BYDV-PAV, CYDV-RPV)	+	+(+)
Żółta plamistość liści kukurydzy (*Helminthosporium* spp.)	+	++

+ choroba o znaczeniu lokalnym
(+) wyższa szkodliwość w warunkach sprzyjających rozwojowi
++ choroba ważna
+++ choroba bardzo ważna
Źródło: Mrówczyński (2013)

Choroby jeszcze do niedawna były niedocenianą grupą agrofagów występującą na plantacjach kukurydzy, niemniej w połączeniu ze szkodnikami mogą przyczyniać się do powstania strat w plonach tej rośliny wynoszących 20–30, a lokalnie nawet 80%. Ich wystąpienie przyczynia się również do pogorszenia jakości produktu finalnego lub surowca do dalszej obróbki, w tym możliwości jego skażenia przez mikotoksyny (Dubas 2004; Bereś 2013a, b, c). Najważniejsze pod względem ekonomicznym i toksykologicznym jest pięć mikotoksyn: aflatoksyna B1, ochratoksyna A, deoksyniwalenol, zearalenon i fumonizyna B1, które są wytwarzane m.in. przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, *Penicillium* i *Aspergillus* (tab. 23). Mogą one kumulować się w plonie kukurydzy oraz produktach z niego wytwarzanych i wywoływać mikotoksykozy, stąd też poziom ich zawartości jest poddawany kontroli (Korbas i Horoszkiewicz-Janka 2013).

Tabela 23. Mikotoksyny mogące kumulować się w plonach kukurydzy

Nazwa mikotoksyny	Grzyby wytwarzające mikotoksyny	Przykładowe objawy zatrucia (mikotoksykozy)	Występowanie
Aflatoksyna B1, B2, G1, G2, M1, M2	*Aspergillus flavus* *A. parasiticus*	uszkodzenia i nowotwory wątroby	orzeszki arachidowe, mączki arachidowe, ziarno kukurydzy, mleko krowie
Ochratoksyna A (OTA)	*Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius*, *Penicillium verrucosum*	nefropatia uszkodzenia funkcji nerek u trzody, drobiu i innych zwierząt monogastrycznych	ziarno zbóż, przetwory zbożowe (mąka, kasze, pieczywo), pasze krew trzody, podroby (nerki, wątroba), winogrona, wino, wytłoki winogron
Deoksyniwalenol (DON)	*Fusarium graminearum*, *F. culmorum*	utrata łaknienia, wymioty	pszenica, pszenżyto, przetwory zbożowe (mąka, pieczywo), ziarno kukurydzy i przetwory
Zearalenon (ZEA)	*Fusarium graminearum*, *F. culmorum*	zaburzenia płodności	ziarno kukurydzy, kiszonki zawierające całe kolby kukurydzy, tzw. CCM, pasze na bazie kukurydzy
Fumonizyna B1, B2 i B3	*F. moniliforme*, *F. proliferatum*	obrzęki płuc, zaburzenia funkcjonowania komórek wątroby, nowotwory wątroby u trzody, uszkodzenia mózgu i upadki u koni	ziarno kukurydzy, przetwory z ziarna kukurydzy

Źródło: Korbas i Horoszkiewicz-Janka (2013)

1. OGRANICZANIE SPRAWCÓW CHORÓB GRZYBOWYCH

W Polsce nie ma plantacji kukurydzy, które byłyby w pełni wolne od obecności patogenów grzybowych. Większość grzybów chorobotwórczych zimuje w glebie lub na porażonych resztkach pożniwnych kukurydzy. Niektóre mogą zimować na ziarniakach, na resztkach słomy innych zbóż m.in. pszenicy ozimej, a część na chwastach, co sprawia, że z upływem czasu ilość materiału infekcyjnego może się zwiększać na danym stanowisku, jeżeli nie podejmuje się działań zapobiegawczych. Do najważniejszych czynników wpływających na wzrost znaczenia chorób zalicza się przede wszystkim: rosnący areał uprawy kukurydzy, stosowanie uproszczeń agrotechnicznych (głównie monokultur), występowanie korzystnych warunków meteorologicznych dla rozwoju patogenów, rosnącą presję ze strony szkodników uszkadzających tkanki, a także dobieranie do uprawy odmian bardziej podatnych na porażenie, w tym często odmian starych nie będących wynikiem aktualnego postępu hodowlanego oraz mieszańców pochodzących z samoreprodukcji nasion (pokolenia F_2) (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013). Większość chorób grzybowych kukurydzy powoduje na tyle charakterystyczne objawy na roślinach, że rolnik nie ma większych problemów z identyfikacją sprawcy. Tak jest np. z głownią guzowatą, czy też fuzariozą kolb. Często jednak zdarza się, że patogeny pojawiają się w tzw. infekcjach mieszanych, co może utrudniać rozpoznanie sprawców, zwłaszcza jeżeli dochodzi do zamarcia fragmentów tkanek. Taki problem często dotyczy chorób liści. Infekcje mieszane to również spory problem gospodarczy, gdyż obecność kilku

chorób na roślinie znacząco ją osłabia i może powodować większe straty ilościowe i jakościowe.

W integrowanej ochronie roślin niezmiernie ważne staje jest poprawne identyfikowanie sprawców chorób, gdyż nie każdy z nich odznacza się podobną szkodliwością (Tratwal i Bereś 2016).

1.1. NAJWAŻNIEJSZE CHOROBY GRZYBOWE

Zgorzel siewek – jest wywoływana przez grzyby z rodzaju *Fusarium* mogące wytwarzać mikotoksyny oraz grzyby z rodzaju *Pythium*. Pierwotnym źródłem porażenia kukurydzy jest zainfekowana gleba, resztki pożniwne lub materiał siewny. Rozwojowi choroby sprzyja zbyt głęboki lub wczesny siew niezaprawionego ziarna w słabo ogrzaną glebę, a także chłodna i wilgotna pogoda podczas kiełkowania ziarna i wschodów roślin. Zwykle jako pierwsze infekują rośliny grzyby z rodzaju *Pythium* mogące się rozwijać w niższych temperaturach, a wraz z poprawą warunków termicznych są porażane przez ciepłolubne grzyby z rodzaju *Fusarium*. Grzybnia patogenów rozwija się na zewnątrz i wewnątrz porażonych tkanek prowadzając do ich obumierania. W zależności od terminu pojawu objawów chorobowych, wyróżnia się zgorzel przedwschodową, która obserwowana jest na kiełkujących ziarniakach oraz zgorzel powschodową wystepującą na siewkach i młodych roślinach. Objawy chorobowe pojawiają się najpierw na ziarniakach w postaci zamierania kiełków i powstania brunatnych plam, w następstwie których dochodzi często do pęknięcia ziarna i infekcji wtórnych przez różne patogeny. Na powierzchni pola nie obserwuje się wówczas wschodów. Na korzeniach siewek i młodych roślin oraz przy podstawie łodygi pojawiają się z kolei żółtawe, później brunatniejące plamy, stopniowo przechodzące w czerniejące smugi. Silne uszkodzenie korzeni, a zwłaszcza szyjki korzeniowej, prowadzi do więdnięcia, żółknięcia i wypadania roślin. Niekiedy zdarza się, że słabo porażone rośliny nie zamierają, ale rosną dalej, stając się bardziej podatne na porażenie przez inne patogeny, zwłaszcza wywołujące zgniliznę korzeni i zgorzel podstawy łodygi (Dubas 2004; Kaniuczak i Pruszyński 2007; Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Głownia guzowata kukurydzy – rozwija się w następstwie porażenia roślin przez grzyb *Ustilago maydis*. Pierwotnym źródłem infekcji jest gleba, resztki pożniwne kukurydzy lub zainfekowany materiał siewny. W ciągu sezonu wegetacyjnego może rozwinąć się do trzech generacji tej choroby. Pierwsza przypada w okresie rozwijania przez rośliny, od czwartego do siódmego liścia, druga podczas kwitnienia, a trzecia w momencie wypełniania i dojrzałości mlecznej ziarniaków. Rozwojowi choroby i jej rozprzestrzenianiu się w łanie sprzyjają uszkodzenia powodowane zwłaszcza przez ploniarkę zbożówkę, mszyce i wciornastki, w późniejszym czasie przez omacnicę prosowiankę. Objawy chorobowe mają postać narośli (guzów) zlokalizowanych zarówno na blaszkach liściowych, łodygach, wiechach i kolbach, we wnętrzu których znajduje się masa zbitych, szaro-czarnych zarodników. Początkowo narośla są jasne, z czasem brunatnieją, marszczą się i pękają. Każda narośl to efekt oddzielnej infekcji grzyba, gdyż głownia guzowata w odróżnieniu od głowni pylącej nie rozwija się systemicznie. Z gospodarczego punktu widzenia najgroźniejsza jest pierwsza i druga generacja choroby, która niekiedy może poważnie zdeformować lub nawet zniszczyć rośliny. Rośliny porażone w okresie rozwijania od czwartego do siódmego liścia oraz w czasie wiechowania i pylenia mogą w ogóle nie wytwarzać kolb. Późniejsze infekcje, wpływają głównie na spadek jakości plonu, przy czym nie wykazano, aby sprawca głowni guzowatej kukurydzy wytwarzał mikotoksyny. Szkodliwość głowni polega na zmniejszeniu wysokości plonu ziarna oraz wartości pokarmowej paszy otrzymywanej z porażonych roślin, która ma mniej energii i białka oraz pogorszoną zdolność fermentacyjną. Zarodniki przetrwalnikowe głowni zachowują zdolność do infekcji przez okres 3 lat (Dubas 2004; Kaniuczak i Pruszyński 2007; Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Głownia pyląca kukurydzy – jest powodowana przez grzyb *Sphacelotheca reiliana*. Pierwotnym źródłem infekcji jest gleba, resztki pożniwne oraz zainfekowany materiał siewny. Pomimo, że patogen poraża kukurydzę bezpośrednio na początku jej wegetacji tj. w okresie kiełkowania i wschodów roślin, to przez kilka tygodni rozwija się w ukryciu wewnątrz tkanek (przerastając je systemicznie), a pierwsze objawy chorobowe widoczne są dopiero w lipcu. Porażone rośliny są zwykle niższe od zdrowych i bladozielone. Zmiany chorobowe widoczne są na kolbach oraz w mniejszym stopniu na wiechach. Organy te całkowicie lub częściowo przekształcają się w ciemnobrunatną lub czarną masę grzybni i zarodników. Początkowo zarodnie otoczone są jasnoszarą delikatną błonką, która następnie pęka uwalniając zarodniki. Wiechy z objawami chorobowymi wyglądają jakby zostały spalone. Silnie porażone rośliny nie wytwarzają kolb, co może prowadzić do całkowitej utraty plonu. Szacuje się, że procent roślin porażonych na plantacji przez głownię pylącą odpowiada takiej samej stracie w wysokości plonu ziarna. Na szkodliwość tej choroby wpływa także bardzo długi okres przeżywalności zarodników w glebie, który wynosi nawet do 10 lat (Dubas 2004; Kaniuczak i Pruszyński 2007; Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Zgnilizna korzeni i zgorzel podstawy łodygi (fuzarioza łodyg) – powodowana jest przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Pierwotnym źródłem porażenia są zarodniki znajdujące się w glebie, na resztkach pożniwnych, jak również przenoszone przez wiatr lub wodę. Choroba może rozwijać się także w następstwie wcześniejszego porażenia roślin przez zgorzel siewek. Pierwsze objawy chorobowe

widoczne są w lipcu w postaci więdnących i zasychających od dołu ku górze blaszek liściowych. Z czasem całe rośliny stają się chlorotyczne i osłabione we wzroście. W warunkach ciepłej i wilgotnej pogody szybko następuje gnicie tkanek wewnątrz łodygi, co sprawia, że rośliny nie są w stanie utrzymać się w pionie i łamią się w miejscach silnego porażenia. Porażone tkanki wewnątrz łodyg zmieniają barwę zwykle na kolor czerwonawy lub łososiowy. Rozwojowi patogena sprzyjają uszkodzenia powodowane przez omacnicę prosowiankę. Kolby porażonych roślin charakterystycznie zwieszają się w dół jakby były podgryzione u nasady. Sprawcy zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi obok bezpośredniego wpływu na wysokość plonu ziarna posiadają zdolność do wytwarzania mikotoksyn (Dubas 2004; Kaniuczak i Pruszyński 2007; Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Fuzarioza kolb – rozwija się w następstwie pojawu grzybów z rodzaju *Fusarium*. Pierwotnym źródłem infekcji są zarodniki grzyba znajdujące się w glebie oraz na resztkach pożniwnych kukurydzy. Pojaw choroby może być także wynikiem wcześniejszego opanowania roślin przez zgniliznę korzeni i zgorzel podstawy łodygi, gdy grzybnia przerasta do kolb. Wykazano także, że omacnica prosowianka może być wektorem grzybów fuzaryjnych, zwłaszcza grzyba *F. moniliforme* (Sobek i Munkvold 1999). Rozwojowi fuzariozy kolb sprzyjają lata ciepłe i wilgotne oraz uszkodzenia powodowane przez szkodniki, zwłaszcza omacnicę prosowiankę, rolnice, piętnówki i urazka kukurydzianego. Pierwsze objawy chorobowe widoczne są w okresie mlecznej i woskowej dojrzałości ziarna na liściach okrywowych kolb i ziarniakach w postaci białej, różowej lub czerwonej grzybni. Przy wczesnym porażeniu kolb przeważnie dochodzi do obumierania ziarniaków. Późniejsze natomiast infekcje prowadzą do słabszego wypełnienia ziarna, ich matowienia i pękania, a także porażania przez inne patogeny m.in. grzyby z rodzaju *Trichoderma*, *Penicillium* i *Trichothecium*. Sprawcy fuzariozy kolb posiadają zdolność wytwarzania mikotoksyn (Dubas 2004; Kaniuczak i Pruszyński 2007; Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Drobna plamistość liści kukurydzy – jest wywoływana przez grzyb *Aureobasidium zeae*, który zimuje w glebie i na resztkach pożniwnych kukurydzy. Choroba intensywniej pojawia się w lata chłodne i wilgotne. W warunkach wysokiej wilgotności zarodniki grzyba przenoszone są na rośliny przez wiatr lub rozpryskujące się na powierzchni gleby krople deszczu, a infekcji sprzyjają uszkodzenia tkanek powodowane przez szkodniki o kłująco-ssącym aparacie gębowym. Aby doszło do infekcji liście muszą być wilgotne, dlatego do silnego porażenia dochodzi w czasie deszczowej pogody lub podczas długo utrzymującej się rosy. Pierwsze objawy porażenia roślin można zaobserwować w czerwcu lub lipcu. Początkowo są to drobne, średnicy ok. 1–4 mm, chlorotyczne i dobrze widoczne pod światło

plamki na liściach, pochwach liściowych i liściach okrywowych kolb. Później środek plam ulega nekrotyzacji, otoczony jest czerwonobrunatnym pierścieniem i prześwitującą jasną obwódką. Plamy stopniowo powiększają się i łączą ze sobą pokrywając znaczną część zainfekowanych organów. Objawy chorobowe występują początkowo na liściach położonych najniżej, sukcesywnie przenosząc się w wyższe partie roślin. Choroba przyczynia się głównie do obniżenia powierzchni asymilacyjnej roślin i spadku jakości surowca do produkcji pasz, głównie kiszonki (Dubas 2004; Kaniuczak i Pruszyński 2007; Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Żółta plamistość liści kukurydzy – rozwija się w następstwie porażenia roślin przez grzyby z rodzaju *Helminthosporium*, w tym przez grzyb *Helminthosporium turcicum*. Pierwotnym źródłem porażenia jest gleba i resztki pożniwne kukurydzy. Najlepsze warunki do rozwoju choroby występują w lata ciepłe i umiarkowanie deszczowe. Rozprzestrzenianiu się zarodników grzybów w łanie sprzyja wiatr, a także uszkodzenia tkanek powodowane przez szkodniki o kłująco-ssącym aparacie gębowym. Pierwsze objawy chorobowe widoczne są od lipca na dolnych liściach. Później stopniowo przesuwają się coraz wyżej aż do liści okrywowych kolb. Mają one postać szarobrunatnych plam otoczonych czerwonobrunatną obwódką. Przebarwienia są owalne, wydłużone, o nieregularnych kształtach, najczęściej układające się wzdłuż nerwów. Wraz z postępującą infekcją plamy łączą się ze sobą pokrywając znaczną część nadziemnych organów roślin. Silnie opanowane liście zasychają, a całe rośliny są osłabione wskutek spadku powierzchni asymilacyjnej. Przy silnym porażeniu następuje przedwczesne dojrzewanie kukurydzy oraz gorsze wypełnienie ziarna, prowadzące do spadku wysokości plonu (Dubas 2004; Kaniuczak i Pruszyński 2007; Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Rdza kukurydzy – jej sprawcą jest grzyb *Puccinia sorghi*, który zimuje na resztkach pożniwnych kukurydzy lub jego zarodniki są przenoszone na kukurydzę z żywiciela wiosennego, którym jest pospolity chwast zwany szczawikem (*Oxalis* spp.). Rdza kukurydzy najlepsze warunki do rozwoju znajduje w lata ciepłe i wilgotne, a rozprzestrzenianiu się patogena na plantacji sprzyja wiatr i uszkodzenia powodowane przez szkodniki o kłująco-ssącym aparacie gębowym. Pierwsze objawy chorobowe pojawiają się od czerwca. Na liściach tworzą się rdzawe, wydłużone, poduszeczkowate zarodnie wielkości od 0,2 do 2 mm. Są one rozproszone po całej powierzchni blaszek liściowych po obu ich stronach. Przy silnej infekcji objawy chorobowe widoczne są także na łodygach i liściach okrywowych kolb. Pod koniec sezonu wegetacyjnego na liściach pojawiają się brunatnoczarne poduszeczki z zarodnikami przetrwalnikowymi. Niewielkieporażenie pojedynczych liści nie wpływa na wysokość plonu, natomiast silne opanowanie roślin skutkuje

znaczną redukcją powierzchni asymilacyjnej, co w konsekwencji prowadzi do wcześniejszego dojrzewania i zamierania kukurydzy oraz niepełnego zaziarnienia kolb (Dubas 2004; Kaniuczak i Pruszyński 2007; Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Choroba szalonych wiech (Crazy top) – sprawcą tej choroby jest organizm grzybopodobny *Sclerophthora macrospora*. Pierwotnym źródłem infekcji są resztki pożniwne kukurydzy, dzikie trawy oraz porażony materiał siewny kukurydzy. Aby doszło do infekcji obok obecności zarodników wymagane jest co najmniej 24–48 godzinne zalanie plantacji przez wodę, dzięki obecności której zarodniki pływkowe patogena mogą się przemieszczać. Takie warunki mają zwykle miejsce w lata charakteryzujące się wiosennymi podtopieniami. Najbardziej wrażliwe na porażenie są rośliny kukurydzy rozwijające 4–5 liści. Choroba pojawia się i szybko rozprzestrzenia w miejscach stagnacji wody na polu. Patogen rozwija się w tkankach roślin systemicznie prowadząc do hipertrofii czyli nadmiernego rozrostu komórek. Typowe objawy to deformacja liści, łodyg, wiech i kolb kukurydzy. Zainfekowane rośliny wyginają się po około 2–3 tygodniach od pojawienia się pierwszych zmian chorobowych. Wiechy zamieniają się w duże, puszyste, liściopodobne pióropusze, nie wytwarzające pyłku. Zniekształceniu mogą ulec także kolby, które przybierają postać skupiska kilku lub kilkunastu, drobnych, liściokształtnych wiech pozbawionych ziarniaków. Liście stają się wąskie, poskręcane i chlorotyczne. Przy licznym pojawie patogena obserwuje się znaczny spadek udziału kolb w plonie (Bereś i Mrówczyński 2013; Korbas i wsp. 2015, 2016).

Fot. 19. Ziarniaki porażone przez sprawców zgorzeli siewek (fot. P. Bereś)

Fot. 20. Głownia guzowata kukurydzy (fot. M. Korbas)

Fot. 21. Głownia pyląca kukurydzy (fot. M. Korbas)

Fot. 22. Rozkład tkanek węzła łodygi wskutek pojawu zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi (fot. P. Bereś)

Fot. 23. Fuzarioza kolb kukurydzy (fot. P. Bereś)

Fot. 24. Drobna plamistość liści kukurydzy (fot. P. Bereś)

Fot. 25. Żółta plamistość liści (fot. M. Korbas)

Fot. 26. Rdza kukurydzy (fot. P. Bereś)

Fot. 27. Choroba szalonych wiech (fot. M. Korbas)

1.2. NIECHEMICZNE METODY OCHRONY

Metody niechemicznego ograniczania szkodliwości chorób grzybowych kukurydzy kładą największy nacisk na zapobieganie licznemu rozwojowi patogenów. Jest to niezmiernie ważne, gdyż większość grzybów chorobotwórczych zimuje w glebie oraz na resztkach pożniwnych kukurydzy (a niektóre także na słomie innych zbóż, np. grzyby z rodzaju *Fusarium*). Niewielka część może się przenosić wraz z materiałem siewnym (zwłaszcza niewiadomego pochodzenia) oraz z innych roślin żywicielskich.

W integrowanej ochronie kukurydzy przed chorobami szczególne miejsce zajmuje płodozmian. Jego skuteczność zależy od długości przerwy w uprawie kukurydzy na tym samym stanowisku, która nie powinna być krótsza niż 2–3 lata, co związane jest z tym, że stadia przetrwalnikowe niektórych sprawców chorób zachowują zdolność do infekcji przez okres kilku lat, a w przypadku grzyba *Sphacelotheca reiliana* nawet do 10 lat (Bereś 2013a, b, c; Korbas i wsp. 2016). Układając zmianowanie należy wziąć pod uwagę zagrożenie ze strony mikotoksyn. Stosowane tzw. krótkie rotacje przyczyniają się do nagromadzenia materiału infekcyjnego patogenów w glebie. Szczególnie niebezpieczna jest uprawa kukurydzy po zbożach oraz zbóż po kukurydzy, co stwarza możliwość ciągłego dostępu grzybów fuzaryjnych, a zwłaszcza grzyba *Fusarium graminearum* do roślin żywicielskich (Krebs i wsp. 2000; Schaafsma 2001). Mając na uwadze konieczność ograniczania ryzyka pojawu mikotoksyn w plonach, wskazane jest przełamywanie uprawy kukurydzy wysiewem na stanowisku innych roślin. Modelowy płodozmian pozwalający ograniczyć ryzyko nadmiernego namnażania się i kumulacji grzybów fuzaryjnych to uprawa po kukurydzy ziemniaka, następnie pszenżyta, a później łubinu (Korbas i Horoszkiewicz-Janka 2013).

Dla potrzeb ograniczenia migracji niektórych patogenów z ubiegłorocznych pól pokukurydzianych lub innych roślin żywicielskich, konieczne jest zastosowanie izolacji przestrzennej, której zadaniem jest ograniczenie przenoszenia się zarodników wraz z wiatrem i wodą na nowe plantacje kukurydzy (Bereś i Mrówczyński 2013). Izolacja przestrzenna spełnia swoje zadanie tylko wtedy, gdy odległość nowej uprawy od potencjalnego źródła infekcji będzie wystarczająco duża. W przypadku grzyba *Fusarium graminearum* odpowiedzialnego za rozwój fuzariozy kolb wykazano, że jego zarodniki mogą migrować z wiatrem na odległość nawet powyżej 1 km od źródła występowania (Inch i Gilbert 2003; Pereyra i Dill-Macky 2008).

W metodach niechemicznego ograniczania sprawców chorób szczególnie dużego znaczenia nabiera zakup kwalifikowanego materiału siewnego kukurydzy, pochodzącego z wiadomego źródła. Zaopatrywanie się w wysokiej jakości materiał siewny jest o tyle istotne, że wiele patogenów przenosi się na okrywach owocowo-nasiennych ziarniaków, skąd później infekuje rośliny (Bereś i Mrówczyński

2013). W żadnym wypadku nie powinno wysiewać się ziarna pochodzącego od nieznanych dostawców, w tym w nieoryginalnych opakowaniach. Uwagę należy także zwracać na to jakim preparatem ziarno siewne zostało zaprawione i kiedy ten proces miał miejsce.

Przy ograniczaniu pojawu takich chorób jak głowni guzowatej kukurydzy, fuzariozy kolb oraz zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi, wskazane jest dobieranie do uprawy odmian mniej podatnych na porażenie. Informacje na temat podatności mieszańców na wybrane choroby znajdują się m.in. w Listach Opisowych Odmian wydawanych przez COBORU. Ważne jest, aby wysiewane odmiany dostosowane były pod kątem wczesności do lokalnych warunków glebowo-klimatycznych (Mrówczyński 2013). Nie powinno się wysiewać ziarna wytworzonego na drodze samoreprodukcji pokolenia F_2 i więcej. Wykazano, że mieszańce pokolenia F_2 są bardziej podatne na choroby fuzaryjne i niektóre szkodniki np. omacnicę prosowiankę niż odmiany pokolenia F_1, w tym silniej reagują na niekorzystne warunki środowiska (Szymańska i wsp. 2009; Bereś 2013). Ponadto wysiew kukurydzy pokolenia F_2 może powodować spadek plonu białka z całej rośliny oraz wysokości energii netto. Surowiec do zakiszania pozyskany z takich roślin ma większą zawartość białka, włókna oraz popiołu, a mniejszą zawartość tłuszczu i BNW w porównaniu do roślin pokolenia F_1 (Sulewska i wsp. 2013b).

Na stopień zagrożenia ze strony niektórych sprawców chorób może wpływać także nawożenie, w szczególności azotem. Wykazano, że stosowanie tego makroskładnika w wysokich dawkach w nawozach o szybkim oddziaływaniu przyczynia się do wzrostu podatności roślin na porażenie przez głownię guzowatą kukurydzy i choroby powodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (Szulc i wsp. 2008b; Szulc 2013a). Dodatkowo rośliny nawożone takimi nawozami są silniej uszkadzane przez omacnicę prosowiankę, której żerowanie ułatwia patogenom wnikanie do tkanek (Szulc 2013b).

Przy ograniczaniu pojawu wczesnowiosennych chorób zalecane jest wykonanie wczesnego siewu, ale w glebę dostatecznie nagrzaną, tak, aby rośliny w momencie infekcji były bardziej zaawansowane w rozwoju. Ważną czynnością jest również zwalczanie chwastów, gdyż niektóre gatunki mogą być miejscem zimowania bądź wstępnego rozwoju dla patogenów, czego przykładem jest szczawik żółty (*Oxalis stricta*) będący żywicielem pośrednim dla rdzy kukurydzy (Dubas 2004; Bereś i Mrówczyński 2013).

Jednym ze sposobów ograniczania ilości materiału infekcyjnego grzybów chorobotwórczych dostających się do gleby jest wycinanie i niszczenie roślin porażonych przez niektóre patogeny. Taką czynność wykonuje się jednak tylko na małych plantacjach i ma ona na celu zmniejszenie zagrożenia w kolejnych latach ze strony głowni guzowatej kukurydzy, głowni pylącej oraz choroby szalonych wiech. Aby to osiągnąć, należy porażone rośliny wyciąć zanim zaczną uwalniać zarodniki i zniszczyć (najlepiej spalić) poza polem kukurydzy.

Jednocześnie bez względu na kierunek uprawy kukurydzy zaleca się terminowo zebrać plon, jak tylko rośliny osiągną dojrzałość zbiorczą (Mrówczyński 2013; Siekaniec i Bereś 2016). Jest to działanie niezbędne, gdyż pozwala ograniczać ryzyko silniejszego rozwoju grzybów z rodzaju *Fusarium* mogących skazić plon mikotoksynami. W sytuacji stwierdzenia w sierpniu i wrześniu wzrostu liczby roślin porażonych przez choroby fuzaryjne warto wówczas rozważyć wcześniejsze zebranie plonu zielonej masy lub ziarna (pomimo kosztów suszenia), niż ryzykowanie kumulacją w plonie mikotoksyn. Błędne jest także zwlekanie (pomimo sprzyjającej pogody) ze zbiorami ziarna do końca listopada lub grudnia, co niekiedy ma miejsce, w przeświadczeniu, że wówczas ziarno będzie suchsze. Takie plantacje są szczególnie narażone na oddziaływanie chorób i szkodników okresu jesiennego, w tym na nieprzewidywalną pogodę, która może zniszczyć plon – np. wskutek silnych wiatrów lub intensywnych opadów mokrego śniegu wyłamującego rośliny (zwłaszcza uprzednio uszkodzone przez omacnicę prosowiankę i fuzariozę łodyg).

Bardzo ważną czynnością wykonywaną już po zakończeniu wegetacji roślin jest rozdrabnianie resztek pożniwnych na sieczkę za pomocą wysoko wydajnych urządzeń np. mulczerów. Tego typu zabieg powinien być wykonany jak najszybciej po zebraniu plonu na kiszonkę lub ziarno. Pozwala on mechanicznie zniszczyć część zarodników przetrwalnikowych patogenów znajdujących się na zaschniętych resztkach roślinnych (Siekaniec i Bereś 2016). Dodatkowo konieczne jest wykonanie jeszcze przed zimą orki, która przykryje warstwą gleby stadia zimujące patogenów, przez co wiosną będą miały większą trudność w dokonaniu infekcji nowych roślin kukurydzy.

Wykaz najważniejszych sposobów niechemicznego ograniczania liczebności i szkodliwości sprawców chorób grzybowych kukurydzy prezentuje tabela 24.

Tabela 24. Niechemiczne metody ochrony kukurydzy przed chorobami grzybowymi

Choroba	Sposoby ograniczania szkodliwości
Choroba szalonych wiech	stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych, zakupić kwalifikowany materiał siewny, na polach szczególnie zagrożonych okresowym zalewaniem stosować osuszanie gleby (drenowanie, melioracja), nie uprawiać kukurydzy w obniżeniach terenu, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie (zwłaszcza gatunki jednoliścienne), usuwać porażone rośliny i je niszczyć poza plantacją, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Drobna plamistość liści kukurydzy	stosować płodozmian, zakupić kwalifikowany materiał siewny, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki (głównie mszyce), dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne

Fuzarioza kolb kukurydzy	stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych i innych zbóż, zakupić kwalifikowany materiał siewny, dobierać odmiany mniej podatne na porażenie, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki (głównie omacnicę prosowiankę i rolnice), terminowo zebrać plon, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Głownia guzowata kukurydzy	stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych, zakupić kwalifikowany materiał siewny, dobierać odmiany mniej podatne na porażenie, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki (głównie ploniarkę zbożówkę i mszyce), usuwać porażone rośliny i je niszczyć poza plantacją, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Głownia pyląca kukurydzy	stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych, zakupić kwalifikowany materiał siewny, dobierać odmiany mniej podatne na porażenie, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki (głównie ploniarkę zbożówkę i mszyce), usuwać porażone rośliny i je niszczyć poza plantacją, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Żółta plamistość liści kukurydzy	stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych, zakupić kwalifikowany materiał siewny, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki (mszyce i wciornastki), dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Rdza kukurydzy	stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych, zakupić kwalifikowany materiał siewny, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie (zwłaszcza szczawika żółtego) i szkodniki (mszyce i wciornastki), dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Zgnilizna korzeni i zgorzel podstawy łodygi (tzw. fuzarioza łodyg)	stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych i innych zbóż, zakupić kwalifikowany materiał siewny, dobierać odmiany mniej podatne na porażenie, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki (głównie omacnicę prosowiankę i rolnice), terminowo zebrać plon, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Zgorzel siewek	stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych i innych zbóż, zakupić kwalifikowany materiał siewny, przeprowadzić wczesny siew, stosować zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne

Źródło: Bereś i Mrówczyński (2013); Mrówczyński (2013)

1.3. METODY OKREŚLANIA LICZEBNOŚCI I PROGI SZKODLIWOŚCI

Decyzję o zastosowaniu ochrony chemicznej przeciwko chorobom należy podjąć na podstawie własnego monitoringu stanu fitosanitarnego plantacji i doświadczenia, gdyż dotychczas nie zostały opracowane progi ekonomicznej szkodliwości dla chorób tej rośliny. Dla potrzeb określania terminu pojawu, nasilenia występowania i szkodliwości sprawców chorób grzybowych kukurydzy, niezbędne są systematycznie wykonywane obserwacje uprawy, od momentu wysiania ziarniaków (BBCH 00) aż do zbioru plonu zielonej masy lub ziarna (BBCH 83–99). W przypadku wystąpienia chorób wczesnowiosennych wpływających na kiełkowanie i wschody roślin, może zaistnieć potrzeba odkopania ziarniaków w miejscach braku wschodów lub oceny systemu korzeniowego zamierających siewek, w celu poznania przyczyny zamierania kukurydzy. W przypadku chorób pojawiających się od momentu rozwoju przez rośliny pierwszych liści (BBCH 11) zalecane jest, aby w ciągu całego okresu wegetacji kukurydzy przynajmniej dwa razy w miesiącu obserwować rozwój patogenów przez dokładne obserwowanie co najmniej 100 losowo branych roślin w czterech miejscach zasiewu na powierzchni do 10 ha. Na plantacjach o areale 10–50 ha, liczbę punktów obserwacyjnych należy zwiększyć co najmniej do 8–10, a na bardzo dużych polach (powyżej 100 ha) nie powinno ich być mniej niż 15–20.

Do określenia nasilenia występowania większości chorób kukurydzy, często obok wyliczenia procentu roślin opanowanych oblicza się także stopień zasiedlenia poszczególnych organów. W przypadku drobnej plamistości liści, żółtej plamistości liści oraz rdzy kukurydzy zwykle stosuje się pięciostopniową skalą porażenia, gdzie pierwszy stopień oznacza porażenie 0,1–5,0% powierzchni blaszki liściowej, natomiast stopień piąty powyżej 50% powierzchni liści (Tekiela 2008). W odniesieniu do fuzariozy kolb stosuje się albo skalę pięciostopniową, gdzie stopień pierwszy oznacza porażenie bardzo małe (do 2% ziarniaków), a stopień piąty porażenie bardzo duże (51–100% porażonych ziarniaków) (Tekiela i wsp. 2010), albo skalę siedmiostopniową, w której stopień pierwszy to brak objawów, drugi to 1–3% porażonych ziarniaków na kolbie, a siódmy to 76–100% ziarniaków porażonych (Reid i Hamilton 1996; Reid i wsp. 1996). Do oceny nasilenia występowania zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi, zwykle wykorzystuje się skalę 9-stopniową, w której stopień pierwszy oznacza brak objawów, stopień trzeci zmiany chorobowe na pierwszym lub drugim węźle, a stopień dziewiąty oznacza całkowity rozkład tkanek (Dolstra i wsp. 1993; Prończuk i wsp. 2007).

Stwierdzenie pojawu chorób kukurydzy na nadziemnych częściach roślin pozwala na podjęcie decyzji co do potrzeby i terminu ich zwalczania z zastosowaniem fungicydów aplikowanych nalistnie. W odniesieniu do zapraw nasiennych mają one głównie działanie profilaktyczne, stąd też są zwykle odgórnie stosowane

przez hodowców i dystrybutorów materiału siewnego kukurydzy i rolnik nie musi już sam ich aplikować w swoim gospodarstwie. W sytuacji jednak, kiedy gospodarstwo dysponuje czystym materiałem siewnym, a wiadomym jest, że stanowisko przeznaczone pod uprawę może zawierać bogaty materiał infekcyjny patogenów (zwłaszcza przy uprawie w monokulturze), zaleca się skorzystanie z usługowego zaprawiania ziarna (Bereś i Mrówczyński 2013).

1.4. SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI

Aktualnie nie funkcjonuje na obszarze kraju system wspomagania decyzji w ochronie kukurydzy przed chorobami grzybowymi, stąd też decyzje o potrzebie wykonania zabiegu chemicznego należy podejmować w oparciu o własne obserwacje i doświadczenie gospodarującego.

1.5. CHEMICZNE METODY OCHRONY

Chemiczna ochrona kukurydzy przed chorobami grzybowymi aktualnie obejmuje użycie zapraw nasiennych oraz fungicydów do opryskiwania roślin. Decyzję o zastosowaniu preparatów nalistnych należy podejmować na podstawie bieżącego monitoringu występowania poszczególnych patogenów, który dodatkowo powinien być wsparty obserwacjami (zapiskami w dokumentacji) z poprzedniego sezonu wegetacyjnego, co jest niezmiernie ważne zwłaszcza przy uprawie kukurydzy w monokulturze. W przypadku zapraw nasiennych, które w większości przypadków są aplikowane na ziarniaki odgórnie przez hodowców lub dystrybutorów materiału siewnego, ważne jest, aby zwracać uwagę na zastosowaną w nich substancję czynną. Jest to istotne zwłaszcza jeżeli w poprzednich sezonach wegetacyjnych na kukurydzy pojawiała się głownia pyląca kukurydzy, której pojawowi nie każda z zarejestrowanych zapraw nasiennych zapobiega. Może okazać się konieczne skontaktowanie ze sprzedawcą ziarna siewnego i poproszenie go o zaprawienie ziarniaków konkretnym preparatem zapobiegającym pojawowi tej choroby.

W chemicznej ochronie kukurydzy przed chorobami wykorzystuje się jedynie te preparaty, które zostały zarejestrowane do tego celu. Wykaz fungicydów ulega sukcesywnym zmianom, stąd też na bieżąco należy sprawdzać strony internetowe Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz Zalecenia Ochrony Roślin wydawane przez Instytut Ochrony Roślin – PIB, gdzie podawane są aktualne informacje z tego zakresu.

Aktualnie dopuszczone do stosowania w kukurydzy zaprawy fungicydowe skierowane są do zapobiegania licznemu pojawowi: zgorzeli siewek, głowni guzowatej kukurydzy oraz głowni pylącej kukurydzy (tab. 25). Zaprawy nasienne są nanoszone za pomocą profesjonalnych zaprawiarek na okrywy owocowo-nasienne

ziarniaków przed siewami (BBCH 00), bardzo często jeszcze w okresie zimowym. W odniesieniu do preparatów aplikowanych nalistnie są one zarejestrowane przeciwko drobnej plamistości liści, żółtej plamistości liści, rdzy kukurydzy oraz fuzariozie kolb (tab. 26). Terminy stosowania preparatów nalistnych są zróżnicowane w zależności od używanego środka, niemniej generalnie ich aplikacja przypada w okresie od fazy wydłużania łodyg do końca okresu dojrzałości fizjologicznej ziarniaków (BBCH 33–87).

Tabela 25. Wykaz substancji czynnych zapraw nasiennych do ochrony kukurydzy przed wczesnowiosennymi chorobami grzybowymi

Grupa chemiczna	Substancja czynna	Zwalczana choroba
Triazole	tritikonazol	zgorzel siewek, głownia guzowata kukurydzy, głownia pyląca kukurydzy
Ditiokarbaminiany	tiuram	zgorzel siewek
Fenylopirole + fenyloamidy	fludioksonil + metalaksyl-M	zgorzel siewek, głownia guzowata kukurydzy
Karboksyanilidy + ditiokarbaminiany	karboksyna + tiuram	zgorzel siewek
Karboksyanilidy + ditiokarbaminiany	karboksyna + tiuram	zgorzel siewek, głownia guzowata kukurydzy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rejestr środków ochrony roślin Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi – stan rejestru na grudzień 2016 roku

Tabela 26. Wykaz substancji czynnych fungicydów nalistnych do ochrony kukurydzy przed chorobami grzybowymi

Grupa chemiczna	Substancja czynna	Zwalczana choroba
Strobiluryny + triazole	azoksystrobina + propikonazol	drobna plamistość liści, żółta plamistość liści
Strobiluryny	piraklostrobina	drobna plamistość liści, rdza kukurydzy, żółta plamistość liści
Strobiluryny + triazole	piraklostrobina + epoksykonazol	fuzarioza kolb, rdza kukurydzy, żółta plamistość liści
Strobiluryny	azoksystrobina	drobna plamistość liści, żółta plamistość liści

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rejestru środków ochrony roślin Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi – stan rejestru na grudzień 2016 roku

Fot. 28. Prawie cały dostępny w sprzedaży materiał siewny kukurydzy jest odgórnie zaprawiany fungicydem (fot. P. Bereś)

2. OGRANICZANIE SPRAWCÓW CHORÓB WIRUSOWYCH

Zwiększenie areału upraw kukurydzy w Polsce, wzrost średnich temperatur, a także obecność w środowisku wektorów przenoszących wirusy, mogą doprowadzić do zwiększenia zagrożenia upraw kukurydzy przez choroby wirusowe tzw. wirozy. Ze względu na brak możliwości bezpośredniego zwalczania wirusów chemicznymi środkami ochrony roślin, jedynym sposobem ograniczania ich infekcji są działania zapobiegawcze. Z tego względu bardzo ważnym elementem w ochronie upraw przed chorobami wirusowymi jest identyfikacja i poznanie epidemiologii sprawcy. Objawy chorób wirusowych nie są charakterystyczne. Przebarwienia i mozaiki liści mogą być wywoływane przez inne abiotyczne czynniki stresowe takie jak: niedobory składników pokarmowych, mechaniczne uszkodzenia tkanek, oddziaływanie niskich i wysokich temperatur, a także stosowanie środków ochrony roślin (fitotoksyczne ich oddziaływanie). Wykorzystanie odpowiednich metod diagnostycznych pozwala na jednoznaczną identyfikację czynnika sprawczego. Diagnostyka wirusów umożliwia także ocenę zdrowotności badanych roślin przez co staje się pomocna w ograniczaniu rozprzestrzeniania tych patogenów.

2.1. NAJWAŻNIEJSZE CHOROBY WIRUSOWE

Na podstawie danych z literatury wiadomo, że kukurydza może być naturalnie porażana przez ponad 50 gatunków wirusów (Lapierre i Signoret 2004, Jarošová i wsp. 2013). W Europie dotychczas stwierdzono występowanie następujących wirusów kukurydzy: wirusów żółtej karłowatości jęczmienia [*Barley yellow dwarf virus* – MAV (BYDV-MAV), *Barley yellow dwarf virus* – PAS (BYDV-PAS), *Barley yellow dwarf virus* – PAV (BYDV-PAV) oraz *Barley yellow dwarf virus* – RMV (BYDV-RMV)], wirusów żółtej karłowatości zbóż [*Cereal yellow dwarf virus* – GPV (CYDV-GPV), *Cereal yellow dwarf virus* – RPV (CYDV-RPV)], wirusa chlorotycznej smugowatości trawy bermudzkiej (*Cynodon chlorotic streak virus,* CCSV), wirusa karłowej mozaiki kukurydzy (*Maize dwarf mosaic virus,* MDMV), wirusa szorstkiej karłowatości kukurydzy (*Maize rough dwarf virus,* MRDV), wirusa białej wstęgowej mozaiki kukurydzy (*Maize white line mosaic virus,* MWLMV), wirusa mozaiki trzciny cukrowej (*Sugarcane mosaic virus,* SCMV), wirusa mozaiki stokłosy (*Brome mosaic virus,* BMV), wirusa smugowatej mozaiki pszenicy (*Wheat streak mosaic virus,* WSMV), z których największe znaczenie gospodarcze mają sprawcy mozaiki kukurydzy (MDMV i SCMV).

Prace badawcze nad chorobami wirusowymi kukurydzy prowadzone w Zakładzie Wirusologii i Bakteriologii Instytutu Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu, wykazały obecność siedmiu wirusów porażających kukurydzę w Polsce: BYDV-MAV, BYDV-PAV, CYDV-RPV, WSMV, BMV oraz MDMV i SCMV. Pierwsze pięć gatunków wirusów były już wcześniej wykrywane na roślinach zbóż w naszym kraju, natomiast MDMV i SCMV opisano po raz pierwszy (Trzmiel i Jeżewska 2006, 2008; Trzmiel 2009; Trzmiel i wsp. 2016). Głównym gospodarzem tych wirusów jest kukurydza.

Żółta karłowatość jęczmienia na kukurydzy – wirusy BYDV-MAV, BYDV-PAV i CYDV-RPV odpowiedzialne za rozwój tej choroby są najliczniej stwierdzaną grupą spokrewnionych, sferycznych wirusów przenoszonych w sposób trwały przez wiele gatunków mszyc zbożowych. W Polsce ich głównym wektorem jest mszyca czeremchowo-zbożowa (*Rhopalosiphum padi* L.) (Trzmiel i Lubik 2011). Charakterystycznym objawem żółtej karłowatości są antocyjanowe bądź czerwonawe przebarwienia szczytów, brzegów, a następnie całych liści porażonych roślin, które mogą być mylone z objawami oddziaływania niskich temperatur, niedoboru azotu czy fosforu lub też ze zmianami pourazowymi roślin. Choroba może mieć również przebieg bezobjawowy. Według danych opisanych w literaturze, najwyższe ryzyko porażenia przypada na wczesną fazę rozwoju roślin, do fazy 7 liści (BBCH 17). Nasilenie objawów choroby w warunkach polowych, w dużej mierze zależy od odmiany kukurydzy, a także od przebiegu warunków pogodowych (Loi i wsp. 2004). Żółta karłowatość jęczmienia na kukurydzy może spowodować obniżenie wielkości roślin średnio o 10% oraz redukcję plonu o 15–20% (Beuve i wsp. 1999).

Smugowata mozaika pszenicy na kukurydzy – wywoływana jest przez wirusa WSMV. W naturalnych warunkach wirus ten przenoszony jest przez szpeciela (*Aceria tosichella* Keifer), a także przez zakażenie zdrowych roślin i w niewielkim stopniu (0,1%) przez porażone ziarno siewne. Charakterystycznych objawem wirozy jest zielono-żółta mozaika liści, jednakże w warunkach klimatycznych Polski nie obserwowano wyraźnych symptomów choroby. Stwierdzano jedynie zahamowanie bądź osłabienie rozwoju porażonych roślin (Trzmiel i Szydło 2012). Bliskie sąsiedztwo upraw pszenicy, czyli podstawowego gospodarza wirusa WSMV, z reguły prowadzi do zwiększenia zagrożenia dla kukurydzy. Pomimo częstego występowania wirusa WSMV jest on uważany jako mało znaczący patogen, który nie wywiera wpływu na plonowanie porażonych roślin, w związku z tym nie wymaga zwalczania (French i Stenger 2004).

Mozaika stokłosy – wywoływana jest przez wirusa BMV. Choroba ta była już stwierdzana w Polsce na trawach i pszenicy (Jeżewska i Wieczorek 1999), pszenżycie (Trzmiel i wsp. 2015), a w 2013 roku po raz pierwszy jej obecność potwierdzono na kukurydzy (Trzmiel i wsp. 2016). BMV łatwo przenosi się mechanicznie, a w warunkach naturalnych przez wektora owadziego – skrzypionkę zbożową (*Oulema melanopus* L.), który to szkodnik coraz powszechniej pojawia się na plantacjach kukurydzy w kraju (Bereś 2011a). Nasilenie występowania choroby jest ściśle skorelowane z liczebnością skrzypionek (Mise i Pocsai 2004). BMV powoduje mozaikę liści oraz zahamowanie wzrostu chorej kukurydzy. Dotychczasowe dane literaturowe nie zawierają informacji na temat szkodliwości choroby dla upraw kukurydzy.

Mozaika kukurydzy – jest wywoływana przez dwa blisko ze sobą spokrewnione wirusy: MDMV i SCMV. Objawy choroby zależą od wielu czynników: fazy wzrostu roślin kukurydzy w momencie infekcji, wysianej odmiany, a także od szczepu wirusa. Łagodna postać choroby powoduje jedynie zahamowanie wzrostu niektórych odmian, natomiast typowym objawem choroby jest charakterystyczna, trwała, systemiczna mozaika liści, która może być mylona z reakcją nadwrażliwości kukurydzy na niektóre herbicydy. Objawy polowe mozaiki wywołanej przez MDMV i SCMV są nierozróżnialne, dlatego identyfikacja czynnika sprawczego wymaga wykonania testów diagnostycznych. Zarówno MDMV jak i SCMV są przenoszone mechanicznie przez wiele gatunków mszyc (w Polsce głównie *R. padi* L.), a także w niewielkim stopniu przez porażone ziarno siewne. Ze względu na szeroki zakres występowania oraz znaczące straty plonu wrażliwych odmian kukurydzy, MDMV i SCMV stanowią najgroźniejszą grupę patogenów wirusowych upraw kukurydzy w Europie i na całym świecie. Szacunkowe dane dotyczące szkodliwości MDMV wskazują na możliwy spadek plonu w zakresie od 0 do 50% (Ivanović i wsp. 1995), a nawet o 54% u wrażliwych odmian kukurydzy

pastewnej oraz o 12% u kukurydzy cukrowej (Gordon 2004). W zależności od fazy wzrostu roślin w momencie zakażenia przez SCMV, ograniczenie wzrostu roślin może dochodzić nawet do 28% (Fuchs 2004). Fuchs i Grüntzig (1991) wykazali, że niemiecki izolat MDMV-Seeh. powodował redukcję wysokości porażonych roślin na poziomie 32%, zmniejszenie całkowitej masy roślin o 39% i obniżenie masy kolb kukurydzy o 21%. Badania nad szkodliwością polskich izolatów MDMV-P2 i SCMV-P1, wykonane w IOR – PIB w latach 2009–2010, wykazały istotne obniżenie wzrostu inokulowanych roślin kukurydzy. Osłabione, zakażone rośliny zawiązywały także mniej kolb, które były słabo wypełnione ziarniakami, często mniejszymi i zdeformowanymi. Straty plonu ziarna kukurydzy zakażonej przez MDMV-P2 wynosiły od 73,4% do 81,3% w 2009 roku i od 36,5% do 56,2% w 2010 roku. Wirus ten wyraźnie obniżył plon kolb od 70,9% do 80,4% w 2009 roku i od 47,1% do 62,2% w 2010 roku. Redukcja MTZ roślin porażonych przez MDMV-P2 wynosiła od 65,2% do 71,7% w 2009 roku i od 23,8% do 31,6% w kolejnym roku badań. Otrzymane dane wykazały, że SCMV-P1 powodował

Fot. 29. Objawy żółtej karłowatości jęczmienia na kukurydzy (fot. K. Trzmiel)

Fot. 30. Objawy mozaiki stokłosy na kukurydzy (fot. K. Trzmiel)

Fot. 31. Objawy porażenia wirusem mozaiki kukurydzy (fot. K. Trzmiel)

obniżenie plonu ziarna od 59,9% do 81,3% w 2009 roku i od 17,6% do 55,8% w 2010 roku. Plon kolb zakażonej przez SCMV-P1 kukurydzy był niższy od 52,2% do 80,4% w pierwszym roku badań i od 18,9% do 58,3% w kolejnym powtórzeniu. SCMV-P1 wpływał także na obniżenie masy tysiąca ziarniaków (MTZ). Zaobserwowana różnica pomiędzy spadkiem plonu ziarna, a obniżeniem MTZ zakażonych roślin wskazała, że szkodliwość wirusów wynika zarówno z obniżenia masy uzyskanego ziarna, jak również ze zmniejszenia liczby ziaren w kolbach porażonych roślin. Wyniki badań wykazały, że osłabione, zakażone wirusami rośliny kukurydzy były bardziej podatne na porażenia grzybami *Fusarium avenaceaum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme*, *Cephalosporium maydis* i *Ustilago zeae* (Trzmiel 2011b).

2.2. NIECHEMICZNE METODY OCHRONY

W myśl integrowanej ochrony roślin jako pierwsze powinny być zastosowane wszelkie metody niechemiczne, ograniczające zagrożenie ze strony wirusów (tab. 27). Dlatego też dla ograniczania wystąpienia wiroz kukurydzy przenoszonych przez ziarniaki, takich jak: mozaika kukurydzy i smugowata mozaika pszenicy bardzo ważny jest wysiew kwalifikowanego materiału siewnego pochodzącego ze sprawdzonego źródła. Z uwagi na występowanie tych samych chorób wirusowych zarówno na kukurydzy jak i na zbożach uprawnych zaleca się zastosowanie izolacji przestrzennej pomiędzy plantacjami zbóż i kukurydzy, poza tym niemniej ważny jest właściwy płodozmian oraz zrównoważone nawożenie, które ma pozytywny wpływ na wzmocnienie zdrowotności, potencjału obronnego i zdolności regeneracyjnych roślin. Ponadto należy wykonywać prawidłowe i dokładne zabiegi agrotechniczne, które ograniczają zachwaszczenie (w tym szczególnie niebezpieczne – zimujące, dzikie proso i inne jednoliścienne chwasty, które mogą być rezerwuarem wirusów i potencjalnym źródłem zakażeń) oraz ograniczają liczebność skrzypionek zbożowych będących wektorami BMV. Skuteczną metodą walki z mozaiką kukurydzy jest hodowla i uprawa odpornych lub tolerancyjnych odmian kukurydzy (Gordon 2004). Odporność kukurydzy na wymienione wirusy jest zjawiskiem złożonym i ciągle do końca nie poznanym. Badania wskazują udział kilku genów warunkujących odporność kukurydzy na te patogeny. Dotychczas stwierdzono obecność 1-go dominującego genu *Mdm1* w obrębie 6S chromosomu powodującego odporność na porażenia MDMV (Kuntze i wsp. 1997). Odporność kukurydzy na porażenia SCMV warunkowane są genami: *Scmv1a* i *Scmv1b* zlokalizowanymi na 6S chromosomie oraz *Scmv*2 na 3L chromosomie (Ingvardsen i wsp. 2005). Badania odporności kukurydzy na wirusy zapoczątkowano i prowadzono głównie w USA. Większość z prowadzonych prac zawierała materiał hodowlany z Ameryki Północnej (np. opisaną, odporną linię Pa405 z Pensylwanii), który nie był przystosowany do chłodniejszych warunków atmosferycznych, panujących w centralnej i północno-wschodniej

Europie. Odporność linii Pa405 polega na ograniczeniu rozwoju wirusa jedynie w miejscu mechanicznej inokulacji, bez możliwości systemicznego transportu wirusa do młodszych liści (Fuchs 2004). Kuntze i wsp. (1997) przebadali 121 europejskich linii F3 pod kątem odporności na MDMV i SCMV. W wyniku prowadzonych badań wykryto 3 linie kukurydzy typu dent (D21, D32 i FAP1360A). Zawierały one zarówno gen *Mdm1* na jak i *Scmv1* oraz *Scmv2* gwarantujące pełną odporność na obydwa wirusy zarówno w warunkach szklarniowych jak i polowych (Duble i wsp. 2000). Kolejną metodą walki z wirozami jest poszukiwanie odporności przez tworzenie transgenicznych form kukurydzy. Wprowadzanie genów białka płaszcza (CP) czy replikazy np. BYDV-PAV powodowało zmniejszenie koncentracji tego wirusa w porażonych roślinach (Loi i wsp. 2004), jednakże zakaz uprawy roślin GMO uniemożliwia stosowanie tego typu rozwiązań.

Tabela 27. Niechemiczne metody ochrony kukurydzy przed chorobami wirusowymi

Choroba	Sposoby ograniczania szkodliwości
Mozaika kukurydzy	unikać stanowisk podmokłych i okresowo zalewanych, stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych, wysiewać kwalifikowany materiał siewny, stosować wczesny siew, zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki, nie wykorzystywać do nawadniania kukurydzy wody stagnującej w zbiornikach, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Mozaika stokłosy	unikać stanowisk podmokłych i okresowo zalewanych, stosować płodozmian (z pominięciem wysiewu zbóż przed i po kukurydzy), zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych i pozostałych gatunków zbóż, wysiewać kwalifikowany materiał siewny, stosować wczesny siew, zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki (głównie skrzypionkę zbożową), nie wykorzystywać do nawadniania kukurydzy wody stagnującej w zbiornikach, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Smugowata mozaika pszenicy na kukurydzy	unikać stanowisk podmokłych i okresowo zalewanych, stosować płodozmian (z pominięciem uprawy zbóż przed i po kukurydzy), zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych oraz od upraw pszenicy, wysiewać kwalifikowany materiał siewny, stosować wczesny siew, zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki, nie wykorzystywać do nawadniania kukurydzy wody stagnującej w zbiornikach, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne
Żółta karłowatość jęczmienia na kukurydzy	unikać stanowisk podmokłych i okresowo zalewanych, stosować płodozmian, zastosować izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych oraz od zbóż, wysiewać kwalifikowany materiał siewny, stosować wczesny siew, zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie, ograniczać pojaw szkodników, zwłaszcza mszyc, nie wykorzystywać do nawadniania kukurydzy wody stagnującej w zbiornikach, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne

Źródło: Mrówczyński (2013)

2.3. METODY OKREŚLANIA LICZEBNOŚCI I PROGI SZKODLIWOŚCI

Stopień i nasilenie objawów chorób wirusowych w warunkach polowych jest wypadkową wielu czynników i zależy m.in. od podatności wysianej odmiany kukurydzy, fazy wzrostu roślin w momencie infekcji, zróżnicowanej agresywności gatunków wirusów, a nawet poszczególnych ich izolatów, od obecności wektorów w środowisku oraz od przebiegu warunków pogodowych. W warunkach środowiskowych Polski obserwowano dominację łagodnych form chorób wirusowych kukurydzy, które przebiegały bez wyraźnych objawów oraz nie powodowały dotkliwych strat plonowania. Decyzję o zastosowaniu chemicznej ochrony upraw, polegającej na zwalczaniu owadzich wektorów wirusów kukurydzy, należy podjąć na podstawie bieżących obserwacji stanu fitosanitarnego plantacji, gdyż dotychczas nie opracowano ekonomicznych progów szkodliwości wirusów.

2.4. SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI

Aktualnie nie funkcjonuje na obszarze kraju system wspomagania decyzji w ochronie kukurydzy przed chorobami wirusowymi.

2.5. CHEMICZNE METODY OCHRONY

Ze względu na brak możliwości bezpośredniego zwalczania wirusów przez zastosowanie chemicznych środków ochrony roślin, jedynym sposobem obniżania ich liczebności są działania prewencyjne, zmierzające do ograniczania liczebności potencjalnych wektorów owadzich (głównie mszyc) oraz niszczenia dzikich traw zachwaszczających uprawy kukurydzy (roślin żywicielskich wirusów).

3. OGRANICZANIE SPRAWCÓW CHORÓB BAKTERYJNYCH

Choroby bakteryjne kukurydzy, podobnie jak powodowane przez wirusy, nie są jeszcze powszechnie pojawiającymi się w Polsce, stąd też ich znaczenie gospodarcze jest obecnie niewielkie. W dobie jednak stosowania licznych uproszczeń w agrotechnice, w tym wieloletnich monokultur, powszechnego występowania szkodników uszkadzających tkanki, a także obserwowanych zmian klimatycznych ich szkodliwość może wzrosnąć.

3.1. NAJWAŻNIEJSZE CHOROBY BAKTERYJNE

W sprzyjających warunkach atmosferycznych uprawy kukurydzy mogą zostać opanowane przez szereg bakterii chorobotwórczych. Patogenami występującymi na całym świecie, wszędzie tam gdzie uprawiana jest kukurydza są: *Pseudomonas*

avenae subsp. *avenae*, sprawca bakteryjnej zarazy liści kukurydzy (Pataky i wsp. 1997; Claflin 2000; Giester i wsp. 2004) oraz *Pectobacterium carotovorum* subsp. c*arotovorum* i *Dickeya zeae* powodujące bakteryjne gnicie łodygi i szczytów roślin kukurydzy (Dickey i wsp. 1987; Claflin 2000; Giester i wsp. 2004). Szeroko rozpowszechnione są patogeny takie jak: *Pantoeastewartii*, powodująca bakteryjne więdnięcie kukurydzy (Lamka i wsp. 1991; Mergaert i wsp. 1993) występująca w USA, Brazylii, Włoszech, Gujanie, Peru, na terenie całego byłego Związku Radzieckiego i Jugosławii oraz w Rumunii, Tajlandii i Wietnamie oraz *Pseudomonas andropogonis* powodujący bakteryjną pasiastość liści kukurydzy (Claflin 2000; Giester i wsp. 2004). Część patogenów bakteryjnych występuje jedynie lokalnie. Patogenami tymi są: *Clavibacter michiganensis* subsp. *nebraskensis,* powodujący bakteryjną drobną plamistość i więdnięcie kukurydzy (Smidt i Vidaver 1986), *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens* powodujący brązową plamistość liści (Ribeiro i wsp. 1977) oraz *Pseudomonas syringae* pv. s*yringae* powodujący plamistość kosówki, których występowanie zanotowano na terenie USA (Giester i wsp. 2004). Podobnie występowanie *Xanthomonas campestris* pv. *zeae,* powodującego bakteryjną plamistość liści ograniczone jest do południa Afryki (RPA) (Coutinho i Wallis 1991, Claflin 2000, Giester i wsp. 2004). Pozostałe patogeny bakteryjne kukurydzy są zróżnicowane, polifagiczne i występują powszechnie. Tymi gatunkami są: *Pantoea ananatis* powodująca plamistość liści oraz gnicie łodyg kukurydzy, stwierdzona w południowej Afryce (Goszczynska i wsp. 2007), Brazylii (Paccola-Meirelelles i wsp. 2001) i Meksyku (Pérez-y-Terrón i wsp. 2009), *Enterobacter cloaceae* subsp.*dissolvens* występujący powszechnie sprawca bakteryjnego gnicia łodygi kukurydzy (Rosen 1926, Hoffman i wsp. 2005) oraz *Pantoea agglomerans* powodująca bakteryjną zarazę liści i więdnięcie naczyniowe kukurydzy, stwierdzona w Meksyku (Morales-Valenzuela i wsp. 2007).

Dotychczas w Polsce stwierdzono obecność trzech gatunków patogenicznych dla kukurydzy bakterii. Są to: *Pantoeaananatis*, *Pantoeaagglomerans* i *Enterobactercloaceae* subsp. *dissolvens* (Krawczyk i wsp. 2010). Nie potwierdzono dotąd występowania gatunku *Pantoeastewartii* subsp. *stewartii* wywołującego tzw. więdnięcie i zgorzel liści kukurydzy. Z uwagi jednak na to, że bakteria ta może być przenoszona przez wektora owadziego jakim jest stonka kukurydziana (*Diabrotica v. virgifera* LeConte) powszechnie występująca w Polsce (Pruszyński 2004; Bereś 2015a), a także ze względu na jej potencjalnie dużą szkodliwość dla upraw, zostanie ona omówiona wraz z trzema wyżej wymienionymi patogenami.

Bakteria *P. ananatis* powoduje dwa typy objawów na roślinach kukurydzy, które opisano jako dwie odrębne choroby. W 2001 roku Paccola-Meirelles i wsp. (2001) opisali bakteryjnego patogena roślin kukurydzy, który powodował chorobę zwaną plamistością liści kukurydzy. Choroba ta powodowała duże szkody w uprawach kukurydzy w Brazylii w latach 90. i obecnie występuje tam na wszystkich obszarach, w których uprawiana jest kukurydza. W sprzyjających warunkach może powodować rozległe uszkodzenia liści oraz znaczne straty w plonie ziarna. We wczesnej fazie

P. ananatis powodowała powstanie małych, ciemnozielonych wilgotnych plamek, szybko przekształcających się w zmiany nekrotyczne mające kolor słomkowy, do białego. Plamki te otoczone były cienką, brązową nekrotyczną obwódką. W 2007 roku Goszczyńska i wsp. (2007) opisali inny typ objawów chorobowych powodowanych przez *P. ananatis* na kukurydzy i opisanych jako bakteryjne gnicie łodygi. Choroba ta powoduje karłowacenie roślin i występowanie pionowego pęknięcia w łodydze na wysokości pierwszego międzywęźla. U zainfekowanych roślin pęknięcie obecne jest również na drugim i na trzecim międzywęźlu. Po przecięciu międzywęźla widoczne są zmiany chorobowe wzdłuż pęknięcia oraz wewnętrzne brązowienie tkanki łodygi rozszerzające się ku górze rośliny. Kolby są niedorozwinięte. Czasami obserwuje się mięknięcie, więdnięcie brzegów liści, blaknięcie ich i zwijanie do wewnątrz.

Bakteria *P. agglomerans* powoduje chorobę zwaną zarazą liści i więdnięciem naczyniowym kukurydzy i srogo. Objawy są mało charakterystyczne i mają postać nieregularnych plam koloru słomkowego, rozciągających się na całą długość liścia, co istotnie zmniejsza możliwości asymilacyjne rośliny i przekłada się na niższy plon (Morales-Valenzuela i wsp. 2007).

Bakteria *E. cloaceae* subsp. *dissolvens* powoduje bakteryjne gnicie łodygi kukurydzy. Objawy zaczynają się pojawiać od najniższych partii rośliny i przemieszczają się w górę rośliny. Górne liście więdną, międzywęźla się odbarwiają i żółkną. Czasami widoczna jest zgnilizna i rozkład skórki rośliny. Wnętrze łodygi gnije. Skórka traci swój naturalny, ciemnozielony kolor i przybiera barwę jasnożółtą (słomkową). Zainfekowane łodygi stają się miękkie i zmieniają się w suchą masę poszarpanych, łatwo się od siebie rozdzielających włókien. Kolby kukurydzy rzadko zakażają się bezpośrednio, ale na zainfekowanej roślinie, zwieszają się w dół jakby były podgryzione u nasady. W końcowej fazie choroby łodyga rośliny łamie się pod własnym ciężarem i roślina ginie (Thind i Payak 1985).

Bakteria *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* powodujechorobę więdnięcia i zgorzeli liści kukurydzy. Przebieg choroby jest charakterystyczny, gdyż występują dwie jej fazy. Pierwsza faza dotyka młodych roślin, u których patogen rozwija się systemicznie. Zwykle takie rośliny nagle gwałtownie więdną, co często brane jest za efekt suszy, niedoborów składników odżywczych czy uszkodzenia powodowane przez owady. Na liściach zainfekowanych roślin tworzą się podłużne, ułożone równolegle do nerwów liściowych, jasno zielone do żółtych pasm z nieregularnymi falistymi brzegami, które to pasma mogą rozciągać się na całą długość liści. Zmiany szybko wysychają i stają się brązowawe. Ponieważ bakterie kolonizują system naczyniowy i mogą rozprzestrzeniać się tą drogą na całą roślinę, to po przecięciu łodygi chorej rośliny można czasem zaobserwować żółtą wydzielinę wypływającą z wiązki naczyniowej. W przypadkach zaawansowanego rozwoju choroby właściwej, w miękiszu łodygi przy powierzchni gleby mogą tworzyć się zgnilizny. W miarę postępu choroby siewki więdną i giną. Dlatego też pierwsza faza tej choroby jest bardziej dotkliwa i odczuwalna ekonomicznie, gdyż przez zamarcie młodych roślin niemożliwe jest uzyskanie

jakiegokolwiek plonu. Druga faza choroby nie ma tak charakterystycznych symptomów jak pierwsza (np. więdnięcie). Najpowszechniejsze dla niej symptomy to tworzące się na liściach wilgotne plamy o barwie szarozielonej do żółtozielonej i mogące się rozciągać na całą długość liścia wzdłuż jego głównych nerwów. W końcowym stadium choroby objawy te wysychają i przekształcają się w nekrozy. Powstające zmiany chorobowe zwykle mają swoje źródło w miejscach żerowania wektorów owadzich tego patogena. Opisane objawy powstają najczęściej już po zawiązaniu wiechy i mogą być mylone ze zmianami spowodowanymi przez inną chorobę: Goss`s Wilt, powodowaną przez *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* (Claflin 2000).

Dla większości patogenów bakteryjnych kukurydzy schemat przenoszenia się z jednej rośliny na drugą jest bardzo podobny. Bakterie wnikają do wnętrza roślin przez ich naturalne otwory (aparaty szparkowe i hydatody), niesione kroplami wody oraz przez mikrouszkodzenia roślin powstające najczęściej w czasie silnych deszczy i wiatrów niosących cząsteczki brudu i drobinki piasku, jak również przez większe uszkodzenia roślin powstałe, np. w czasie gradobicia. Oprócz tego wnikanie bakterii do roślin obserwowano również przez kwiaty lub włoski na liściach (Goto 1990). W uprawach kukurydzy bakterie zimują zwykle w resztkach roślinnych. Chwasty sąsiadujące z polami kukurydzy mogą być niekiedy gospodarzami alternatywnymi. Bakterie należące do gatunków uznawanych za patogeniczne dla kukurydzy mogą na niej występować naturalnie i kolonizować powierzchnię liści i przestrzenie

Fot. 32. Bakteryjna plamistość liści kukurydzy (fot. K. Krawczyk)

Fot. 33. Bakteryjne gnicie łodygi. (fot. K. Krawczyk)

Fot. 34. Zaraza liści i więdnięcie naczyniowe kukurydzy i sorgo (fot. K. Krawczyk)

międzykomórkowe tej rośliny, nie powodując przy tym wystąpienia objawów chorobowych. Zjawisko takie stwierdzono dla gatunków: *P. ananatis* (Claflin 2000) oraz *P. agglomerans* (Beattie i Marcell 2002). Objawy chorobowe i sam przebieg choroby są charakterystyczne dla wielu patogenów bakteryjnych. Ponieważ jednak warunki środowiskowe mogą wpłynąć na rozwój i natężenie występowania objawów (Schwartz i wsp. 2003), identyfikacja patogena wyłącznie na podstawie objawów chorobowych nastręcza często wiele trudności i nie jest wiarygodna.

3.2. NIECHEMICZNE METODY OCHRONY

Niechemiczne ograniczanie występowania chorób bakteryjnych najczęściej polega na stosowaniu się do zasad dobrej praktyki rolniczej (tab. 28). Do tych zasad należy: stosowanie płodozmianu, używanie nasion wolnych od patogenów, stosowanie izolacji przestrzennej od innych roślin żywicielskich i zaorywanie resztek pożniwnych. Pomimo tego, że zabiegi te mogą okazać się nieskuteczne, nie należy ich zaniedbywać, gdyż niektóre patogeny jak np. *D. zeae* i *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* nie przeżywają w glebie poza resztkami roślinnymi. Dlatego też głęboka orka, czy pozbywanie się resztek pożniwnych i płodozmian są bardzo ważnymi zabiegami agrotechnicznymi sprzyjającymi ograniczaniu występowania chorób bakteryjnych.

Ze względu na fakt, że chwasty polne pełnią rolę rezerwuaru bakterii patogenicznych dla upraw, oprócz wymienionych technik skuteczne może okazać się również kontrolowanie stanu zachwaszczenia pól. Ma ono szczególne znaczenie w ograniczaniu choroby wywoływanej przez *Pseudomonas syringae pv. syringae*. Z kolei aby zapobiec wystąpieniu bakterii *P. syringae* pv. *coronafaciens* zalecane jest również kontrolowanie poziomu potasu w glebie i w razie konieczności stosowanie nawozów potasowych. Odpowiednia melioracja pól, a w szczególności unikanie wystawiania upraw na długotrwałe zalewanie wezbranymi wodami, pozwala ograniczyć występowanie gatunków *D. zeae* i *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*. Również unikanie i nie stosowanie, w miarę możliwości, do nawadniania upraw wody pochodzącej

Tabela 28. Niechemiczne metody ochrony kukurydzy przed chorobami bakteryjnymi

Choroba	Sposoby ograniczania szkodliwości
Bakteryjna plamistość liści kukurydzy Bakteryjne gnicie łodygi Zaraza liści i więdnięcie naczyniowe kukurydzy i sorga	unikać stanowisk podmokłych i okresowo zalewanych, stosować płodozmian i izolację przestrzenną od ubiegłorocznych pól pokukurydzianych, wysiewać kwalifikowany materiał siewny, stosować wczesny siew, zbilansowane nawożenie, zwalczać zachwaszczenie i szkodniki, nie wykorzystywać do nawadniania kukurydzy wody stagnującej w zbiornikach, dokładnie rozdrabniać i głęboko przyorać resztki pożniwne

Źródło: Mrówczyński (2013)

ze stojących zbiorników o małym przepływie, może zapobiegać wystąpieniu infekcji wspomnianymi patogenami. Wreszcie w przypadku *P. stewartii* subsp. *stewartii* ogromną rolę odgrywa ograniczanie liczebności populacji owadzich wektorów przez stosowanie insektycydów. Występowaniu bakterii *P. stewartii* subsp. *stewartii* i nasileniu objawów chorobowych przez nią powodowanych, sprzyja również wysoki poziom azotu i fosforu w glebie, na danym terenie. Z kolei wysokie poziomy wapnia i potasu sprzyjają łagodzeniu objawów. Dlatego w tym przypadku również ważne jest monitorowanie składu chemicznego gleby na plantacji.

3.3. METODY OKREŚLANIA LICZEBNOŚCI I PROGI SZKODLIWOŚCI

Dla żadnego z opisywanych gatunków bakterii nie udało się określić progu szkodliwości dla kukurydzy. Wynika to z biologii bakterii oraz ze zmienności czynników naturalnych wpływających na ich liczebność w środowisku. W sezonach, w których ciepła i deszczowa pogoda, czyli warunki optymalne do rozwoju bakterii fitopatogenicznych, nie utrzymuje się długo, ich populacja wyraźnie się zmniejsza. Wówczas koncentracja bakterii w roślinach jest niewystarczająca do wywołania objawów chorobowych. Nawet jeśli objawy wystąpią, to w małym nasileniu i nie stanowią one wtedy zagrożenia dla plonów (Hirano i wsp. 1999). Obecność patogena bakteryjnego na roślinie nie jest równoznaczna z rozwojem choroby. Bakterie należące do gatunków uznawanych za patogeniczne dla kukurydzy mogą na niej występować naturalnie i kolonizować powierzchnię liści i przestrzenie międzykomórkowe tej rośliny, nie powodując przy tym wystąpienia objawów. Zjawisko to stwierdzono dla gatunków: *P. ananatis* (Claflin 2000), *P. agglomerans*, *C. michiganensis* subsp. *nebraskensis* oraz dla *P. stewartii* subsp. *stewartii* (Beattie i Marcell 2002).

3.4. SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI

Aktualnie nie funkcjonuje w Polsce system wspomagania decyzji w ochronie kukurydzy przed chorobami bakteryjnymi. Warto jednak zaznaczyć, że np. w USA opracowano system wspomagania decyzji dla *Pantoeastewartii* subsp. *stewartii*, z uwagi na powszechne występowanie tej bakterii. Opiera się on na biologii tego patogena i wykorzystuje fakt, że bakterie te zimują w ciele owadów i poza sezonem letnim nie są w stanie przeżyć poza ciałem swojego wektora owadziego. Dlatego opracowano system prognozowania występowania i nasilenia tej choroby na danym terenie, w oparciu o analizę sumy średnich temperatur dla grudnia, stycznia i lutego.

3.5. CHEMICZNE METODY OCHRONY

Aktualnie nie ma możliwości chemicznego ograniczania sprawców chorób bakteryjnych w Polsce z powodu braku zarejestrowanych do tego celu preparatów.

VII. OGRANICZANIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ SZKODNIKI

Szkodniki występują na plantacjach kukurydzy od samego początku komercyjnej uprawy tej rośliny w Polsce. Już w latach 50. minionego wieku stwierdzono obecność 33 gatunków, wśród których za najważniejsze uznano: drutowce, ploniarkę zbożówkę, mszyce, wciornastki oraz omacnicę prosowiankę (Kania 1962a, b). Od lat 90. XX wieku obserwuje się poszerzanie składu gatunkowego tej grupy agrofagów, a w szczególności wzrost ich znaczenia gospodarczego. Za główne przyczyny takiego stanu rzeczy wymienia się:

- wzrost powierzchni uprawy kukurydzy i jej dominację w strukturze zasiewów wielu gospodarstw (bogata baza pokarmowa dla wielu gatunków);
- intensyfikację produkcji;
- stosowanie uproszczeń w uprawie gleby i roślin, a w szczególności monokultur i systemów bezorkowych zwiększających przeżywalność wielu gatunków;
- wysiewanie odmian podatnych na choroby i szkodniki;
- stosowanie materiału siewnego pochodzącego z samoreprodukcji pokolenia F_2, F_3, itd.;
- trudności w monitorowaniu przez rolników obecności agrofagów dla potrzeb wyznaczenia potrzeby i terminu ich optymalnego zwalczania;
- brak ogólnokrajowego monitoringu występowania szkodników kukurydzy i systemu wspomagania decyzji o ich zwalczaniu;
- mały asortyment biopreparatów oraz chemicznych środków ochrony;
- trudności techniczne w ochronie wysokiego łanu wynikające z niewielkiej liczby opryskiwaczy szczudłowych;
- występowanie korzystnych warunków meteorologicznych dla rozwoju wielu szkodników, zwłaszcza ciepłolubnych (Bereś i Pruszyński 2008; Bereś 2013; Mrówczyński 2013).

Łączne oddziaływanie wymienionych czynników sprawia, że wzrasta znaczenie gospodarcze tej grupy agrofagów (tab. 29). Najnowsze badania wykonane w Instytucie Ochrony Roślin – PIB wskazują już na obecność ponad 70. gatunków szkodników, wśród których dominują przedstawiciele gromady owadów (Bereś 2013). Skład gatunkowy tej grupy organizmów szkodliwych nie jest jednak stały, gdyż co pewien czas pojawiają się zupełnie nowe. Jedne z nich znane są z żerowania na roślinach uprawnych lub dziko rosnących czego przykładem są m.in.:

ślimaki, piętnówka brukwianka, wieczernica szczawiówka, włócznica białożyłka, pienik ślinianka czy też przędziorek chmielowiec, inne natomiast w ogóle nie notowano w krajowej faunie jak np. stonkę kukurydzianą, czy też słonecznicę orężówkę (Bereś 2011a). Ponadto systematyczny postęp prac badawczych pozwala identyfikować do gatunku te organizmy, które znane są od wielu już lat z żerowania na kukurydzy, niemniej dotychczas określane były jedynie nazwą rodziny lub podrodziny. Przykładem są m.in. przylżeńce (Thysanoptera) wśród których 21 gatunków zidentyfikowano na kukurydzy, mszyce (7 gatunków) czy też rolnice (4 gatunki) (Kucharczyk i wsp. 2011; Bereś 2011b, c, 2014a, b).

Szkodniki zagrażają plantacjom kukurydzy już od momentu siewu ziarna aż do zbioru plonów. Część z nich towarzyszy roślinom przez cały okres jej wegetacji, inne natomiast pojawiają się tylko na okresowo. Osobnym problemem są szkodniki magazynowe pojawiające się w trakcie przechowywania plonu ziarna, które zostaną omówione w oddzielnym rozdziale. W praktyce, szkodniki kukurydzy często dzieli się na gatunki wiosenne, letnie oraz jesienne, w zależności od terminu występowania stadium szkodliwego. Szacuje się, że w skali kraju szkodniki są przyczyną bezpośrednich strat w plonach kukurydzy kiszonkowej w wysokości około 10%, natomiast w uprawie kukurydzy ziarnowej straty te wynoszą około 20% (Bereś i Pruszyński 2008). Ponadto ich żerowanie przyczynia się do strat pośrednich, związanych są ze spadkiem zdrowotności zasiewu. Przez uszkodzone tkanki wnikają do wnętrza roślin grzyby, bakterie i wirusy odpowiedzialne za rozwój chorób. Wśród nich za szczególnie ważne uznaje się: fuzariozę kolb oraz zgniliznę korzeni i zgorzeli podstawy łodygi (Dubas 2004; Mrówczyński 2013). Ponadto wraz z pojawem niektórych patogenów m.in. grzybów z rodzaju *Fusarium* wzrasta ryzyko obecności w plonie groźnych dla zdrowia, a nawet życia ludzi i zwierząt mikotoksyn. Poziom ich zawartości w ziarnie oddawanym do skupu oraz produktach wytwarzanych z kukurydzy poddawany jest rygorystycznej kontroli (Mrówczyński 2013).

Tabela 29. Znaczenie gospodarcze wybranych szkodników kukurydzy wraz z prognozą ich szkodliwości na najbliższe lata

Nazwa szkodnika	Znaczenie gospodarcze	
	aktualne	prognoza
Błędnica butwica (*Xylena vetusta* Hbn.)	+	+
Błyszczka jarzynówka (*Plusia gamma* L.)	+	+
Drutowce (Elateridae)	+(+)	+(+)
Gryzonie (Rodentia)	+	+(+)
Helotropha leucostigma Hbn.	+	+
Lenie (Bibionidae)	+	+
Łokaś garbatek (*Zabrus tenebrioides* Goeze)	+	+

Mszyce (Aphididae)	++	++(+)
Miniarki (Agromyzidae)	+	+
Omacnica prosowianka (*Ostrinia nubilalis* Hbn.)	++(+)	+++
Pasikonik zielony (*Tettigonia virdissima* L.)	+	+
Pchełki ziemne (Halticinae)	+	+
Pędraki (Melolonthidae)	+	+(+)
Piętnówki (Hadeninae)	+	++
Ploniarka zbożówka (*Oscinella frit* L.)	++	++(+)
Ploniarka gnijka (*Elachiptera cornuta* Fall.)	+	+
Przędziorek chmielowiec (*Tetranychus urticae* Koch)	+	+(+)
Ptaki (Aves)	+	+
Rolnice (Agrotinae)	+	++
Skrzypionki (Oulema spp.)	+	+(+)
Stonka kukurydziana (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte)	+	++
Skoczek sześciorek (*Macrosteles laevis* Rib.)	+	+
Słonecznica orężówka (*Helicoverpa armigera* Hüb.)	+	+(+)
Śmietka kiełkówka (*Delia platura* Meig.)	+	+
Ślimaki (Gastropoda)	+	+(+)
Turkuć podjadek (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.)	+	+
Urazekkukurydziany (*Glischrochilusquadrisignatus* Say)	+	+(+)
Wciornastki (Thripidae)	++	++(+)
Wieczernica szczawiówka (*Acronicta rumicis* L.)	+	+
Włócznica białożyłka (*Simyra albovenosa* Goeze)	+	+
Zmienik lucernowiec (*Lygus rugulipennis* Popp.)	+	+(+)
Znamionówka tarniówka (*Orgyia antiqua* L.)	+	+
Zwójki (Tortricidae)	+	+(+)
Zwierzęta łowne (Mammalia)	++	+(+)

+ szkodnik o znaczeniu lokalnym
(+) wyższa szkodliwość w lata sprzyjające rozwojowi gatunku
++ szkodnik ważny
+++ szkodnik bardzo ważny
Źródło: Mrówczyński (2013)

1. NAJWAŻNIEJSZE GATUNKI SZKODNIKÓW

Pomimo dużego i stale poszerzającego się składu gatunkowego szkodników poważne zagrożenie dla kukurydzy stanowi obecnie jedynie kilka z nich. Są to: drutowce, pędraki, ploniarka zbożówka, mszyce, wciornastki, rolnice oraz omacnica

prosowianka (Dubas 2004; Bereś i Pruszyński 2008). Prognozuje się jednak, że w nadchodzących latach szkodliwość tych gatunków nadal będzie wysoka, a ponadto wzrośnie znaczenie również i innych szkodników zwłaszcza: piętnówek, przędziorka chmielowca, skrzypionek zbożowych oraz stonki kukurydzianej (Bereś 2013a).

Drutowce – są to larwy chrząszczy z rodziny sprężykowatych (Elateridae). Osobniki dorosłe osiągają do 7–15 mm długości. Mają wydłużone, płaskie ciało o małej głowie z nitkowatymi czułkami, bruzdkowane pokrywy skrzydeł pokryte włoskami i aparat skokowy. Ubarwienie jest zmienne, zwykle czarne, szare, szarobrunatne, brązowawe. Larwy dorastają do 3 cm długości. Mają trzy pary krótkich nóg tułowiowych i krótkie trzyczłonowe czułki. Ciało pokryte jest chitynowym pancerzykiem o żółtopomarańczowej lub żółtobrązowej barwie (Bereś 2014a, b). Drutowce to typowe szkodniki glebowe występujące na obszarze całego kraju, lecz których największą liczebność stwierdza się na plantacjach kukurydzy założonych po zaoranych łąkach, pastwiskach, ugorach, a także na polach bezpośrednio sąsiadujących z takimi użytkami. Stadium zimującym są chrząszcze oraz larwy w różnych stadiach rozwojowych. W zależności od gatunku ich rozwój w glebie trwa od 3 do 5 lat, stąd też towarzyszą kukurydzy od momentu siewu ziarna aż do zbioru plonu. Pomimo całorocznego występowania w glebie, larwy sprężykowatych najbardziej zagrażają kukurydzy na początku wegetacji. Wyjadając pęczniejące ziarniaki oraz podgryzając korzenie siewek mogą doprowadzić do powstawania w zasiewie pustych placów (tzw. łysin). W późniejszym czasie mogą wgryzać się w podstawę łodygi młodych roślin, co skutkuje ich łamaniem się i przewracaniem na glebę (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013; Bereś 2014a, b).

Pędraki – są to larwy chrząszczy z podrodziny chrabąszczowatych (Melolonthinae). Najczęściej spotyka się larwy chrabąszcza majowego, guniaka czerwczyka i ogrodnicy niszczylistki. Osobniki dorosłe to duże chrząszcze dorastające do 35 mm długości. Mają omszone, brunatne pokrywy skrzydeł. Na głowie znajdują się czułki zakończone wachlarzowatą buławką. Larwy dorastają do 60 mm długości. Mają grube, łukowato wygięte ciało z trzema parami silnych nóg tułowiowych. Głowa i odnóża są barwy brunatnej natomiast reszta ciała jest biała lub żółtawa (Bereś 2014a). Pędraki podobnie jak drutowce zasiedlają obszar całego kraju, lecz ich większą liczebność notuje się na zaoranych wieloletnich użytkach zielonych bądź nieużytkach. Rozwój pędraków w glebie trwa od roku do nawet 5 lat. Stadium zimującym są chrabąszcze lub larwy w różnych stadiach rozwojowych. Dla kukurydzy larwy stanowią największe zagrożenie w okresie wiosennym. Mogą wyjadać pęczniejące ziarniaki oraz podgryzać korzenie siewek i młodych roślin. Uszkodzone rośliny więdną, żółkną i zasychają. Niekiedy pędraki wgryzają się

w podstawę łodygi większych roślin, co skutkuje łamaniem się łodyg (Mrówczyński i wsp. 2004; Bereś 2014b).

Ploniarka zbożówka (*Oscinella frit* L.) – jest to muchówka z rodziny niezmiarkowate (Chloropidae). Osobniki dorosłe dorastają do 1,8–2,7 mm długości. Posiadają czerwone oczy, prawie całkowicie czarne ciało oraz skrzydła o tęczowym połysku z wyraźnym żyłkowaniem. Beznożne larwy dorastają do 4 mm długości. Mają smukłe ciało, z przodu spiczaste a na końcu zaokrąglone z jedną parą czarnych haków gębowych i dwiema małymi brodawkami na końcu ciała. Larwy przybierają barwę od białej do żółtozielonkawej (Bereś 2014a, b). Ploniarka zbożówka uszkadza kukurydzę w całym kraju, jednak największą jej szkodliwość obserwuje się w północno-wschodniej Polsce, zwłaszcza w lata o chłodnych wiosnach. Średnie straty w plonach ziarna powstające wskutek żerowania larw szacuje się w skali kraju na około 10% (Dubas 2004). Gatunek rozwija trzy pokolenia w ciągu roku, jednak plantacjom kukurydzy zagrażają larwy pierwszej generacji. Stadium zimującym są larwy znajdujące się w tkankach zbóż ozimych (zwłaszcza jęczmienia ozimego i pszenicy ozimej) oraz w trawach uprawnych i dziko rosnących (Dubas 2004). Od połowy marca larwy sukcesywnie przepoczwarczają się, a następnie pojawiają się osobniki dorosłe, które od drugiej połowy kwietnia i w maju nalatują na plantacje kukurydzy, gdy rośliny rozwijają 1–3 liście (Lisowicz 1982; Dubas 2004; Bereś 2014a). Po złożeniu przez muchówki jaj, po kilku dniach wylęgają się larwy, które wgryzają się do wnętrza młodych roślin. Słabsze objawy ich żerowania to przejaśnienia biegnące wzdłuż nerwów liści, niekiedy z drobnymi otworkami. Silne uszkodzenie blaszek liściowych sprawia, że liście są zbite, trudno rozwierają się i często ulegają poszarpaniu. Gdy larwa dotrze do stożka wzrostu i go uszkodzi wówczas roślina karłowacieje oraz wytwarza pędy boczne, zazwyczaj nie zawiązujące kolb. Całkowite zniszczenie stożka wzrostu prowadzi do zamarcia rośliny. Ploniarka zbożówka w dużej mierze przyczynia się do wzrostu podatności uszkodzonych roślin na choroby, a w szczególności na głownię kukurydzy (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013; Bereś 2014b).

Stonka kukurydziana (*Diabrotica v. virgifera* LeConte) – jest to chrząszcz z rodziny stonkowate (Chrysomelidae). Osobniki dorosłe dorastają do 4,2–6,8 mm długości. Zabarwienie ciała waha się od żółtego do jasnozielonego. U samców większa część pokryw skrzydeł jest jednolicie czarna, natomiast przez pokrywy samic przebiegają paski. Występują również osobniki o różnym znakowaniu, co utrudnia rozpoznanie płci. Larwy dorastają do 18 mm długości. Mają wydłużone ciało, barwy białej lub kremowej z brązową głową i tarczką analną w kształcie litery V, a także niewielkie, słabo wykształcone odnóża (Bereś 2014b). Stonka kukurydziana występuje na obszarze południowej oraz częściowo centralnej części kraju, a zasięg jej występowania przesuwa się w kierunku północnym. Stadium

zimującym są jaja znajdujące się w glebie na głębokości do 15–30 cm. Warunkiem wylęgu larw jest uprawa kukurydzy w co najmniej dwuletniej monokulturze. System korzeniowy kukurydzy wytwarza specyficzne substancje chemiczne i dwutlenek węgla aktywujące jaja do rozwoju embrionalnego (Bereś i Konefał 2013a). Po wysiewie kukurydzy, od kwietnia lub maja zaczynają wylęgać się larwy. Ich masowy pojaw przypada zwykle w czerwcu, natomiast ostatnie, nieliczne larwy można spotkać do końca sierpnia. Pierwsze chrząszcze pojawiają się od pierwszej dekady lipca. Okres ich licznego występowania przypada najczęściej od końca lipca do drugiej połowy sierpnia, ze szczytem liczebności przypadającym zwykle w połowie sierpnia. Ostatnie osobniki notuje się pod koniec października (Bereś i Konefał 2012; Bereś 2014b, 2015a, b, c). Najgroźniejszym stadium rozwojowym tego gatunku są larwy występujące na plantacjach prowadzonych w monokulturze. Przebywając w glebie uszkadzają system korzeniowy roślin. Pierwsze dwa stadia larwalne uszkadzają najcieńsze korzonki, natomiast trzecie (najgroźniejsze) wgryza się do wnętrza większych korzeni i w podstawę łodygi, co prowadzi do zakłóceń w transporcie wody i substancji odżywczych do nadziemnych organów kukurydzy (Bereś 2015a). Silnie uszkodzenie korzeni prowadzi do wylegania roślin i ich łukowatego wyginania się w kierunku słońca. Chrząszcze stanowią zagrożenie tylko wtedy, gdy masowo żerują na kolbach. Przegryzając znamiona kolb prowadzą do słabszego zaziarnienia kolb i ich deformacji. Uszkadzając blaszki liściowe ograniczają powierzchnię asymilacyjną roślin. Dodatkowa szkodliwość gatunku polega na zwiększaniu podatności opanowanych roślin na sprawców chorób. Chrząszcze mogą być wektorami bakterii patogenicznych dla kukurydzy (Bereś i Konefał 2013a; Bereś i Mrówczyński 2013; Bereś 2015a).

Mszyce – są to pluskwiaki z rodziny mszycowate (Aphididae). Na nadziemnych częściach kukurydzy spotyka się kilka gatunków, w tym: mszycę czeremchowo-zbożową (*Rhopalosiphum padi* L.), mszycę różano-trawową (*Metopolophium dirhodum* Walk.), mszycę zbożową (*Sitobion avenae* F.), mszycę kukurydzianą (*Rhopalosiphum maidis* Fitch.), mszycę burakową (*Aphis fabae* Scop.) oraz mszycę brzoskwiniowo-ziemniaczaną (*Myzus persicae* Sulz.). Na korzeniach roślin z kolei żeruje bawełnica wiążowo-zbożowa (*Tetraunera ulmi* L.) (Bereś 2015b). Wśród wymienionych gatunków dwa są najliczniejsze: mszyca czeremchowo-zbożowa oraz mszyca różano-trawowa (Bereś 2014a, b). Osobniki mszycy czeremchowo-zbożowej osiągają do 1,5–2,3 mm długości. Mają okrągławy lub owalny kształt, barwę oliwkowozieloną do brązowej oraz brązowe plamki pomiędzy syfonami. Ogonek jest wyraźnie krótszy niż syfony, natomiast czułki mają długość połowy długości ciała. Osobniki mszycy różano-trawowej dorastają do 2–3 mm długości. Posiadają wrzecionowatego kształtu ciało, barwy żółtozielonej z ciemnozielonym paskiem pośrodku grzbietu. Syfony są jasne, spiczasto zbiegające się ku sobie, dwa razy dłuższe od ogonka. Czułki długości prawie całego ciała (Bereś 2014b).

Mszyce występują na obszarze całego kraju. Na plantacjach kukurydzy spotyka się je od kwietnia lub maja do połowy października. W ich rozwoju obserwuje się występowanie dwóch, a najczęściej trzech szczytów liczebności, z których pierwszy (z reguły najliczniejszy) przypada pod koniec czerwca lub w pierwszej połowie lipca, drugi w sierpniu, natomiast trzeci pod koniec września lub na początku października (Mrówczyński i wsp. 2004; Bereś 2011b, 2014a). Mszyce występują na niemal wszystkich nadziemnych częściach kukurydzy. Zarówno larwy, jak i osobniki dorosłe nakłuwając tkanki wysysając z nich soki. Liczne żerowanie pluskwiaków prowadzi do przebarwień blaszek liściowych oraz zachwiania gospodarki wodnej roślin. Mszyce przyczyniają się głównie do strat jakościowych, gdyż zwiększają podatność roślin na porażenie przez choroby. Niektóre gatunki znane są jako wektory chorób wirusowych. Ponadto wytwarzana przez mszyce spadź sprzyja rozwojowi grzybów sadzakowych, które ograniczają powierzchnię asymilacyjną roślin (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013; Bereś 2014a, b).

Przylżeńce (Thysanoptera) – są to owady należące do dwóch rodzin: wciornastkowate (Thripidae) oraz kwietniczkowate (Phleothripidae) (Bereś 2014b). Na kukurydzy żeruje 21 gatunków, przy czym dominują dwa gatunki: *Frankliniella tenuicornis* Uzel. oraz *Haplothrips aculeatus* F. (Kucharczyk i wsp. 2011). Osobniki osiągają do 1–2 mm długości. Mają silnie wydłużone, wąskie, czarno-brązowe lub czarno zabarwione ciało, nitkowate czułki oraz wąskie, błoniaste skrzydła z długimi frędzlami. Larwy są podobne do dorosłych, lecz nie posiadają skrzydeł (Bereś 2014a, b). Przylżeńce występują w całym kraju. Na kukurydzy notuje się ich obecność od kwietnia/maja do połowy października. W sezonie wegetacyjnym zwykle obserwuje się jeden szczyt ich liczebności przypadający zwykle w połowie lub pod koniec lipca (Kucharczyk i wsp. 2011; Bereś 2014b). Przylżeńce podobnie jak mszyce wysysają soki z nadziemnych części roślin. Przy masowym żerowaniu na blaszkach liściowych można dostrzec przebarwienia tkanek z czarnymi punkcikami, które określa się jako wciornastkową plamistość liści. Szkodliwość bezpośrednia przylżeńców na wysokość plonu kukurydzy jest niewielka. Znacznie wyższa jest natomiast szkodliwość pośrednia polegająca na zwiększaniu podatności zasiedlonych roślin na porażenie przez patogeny (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013; Bereś 2014a, b).

Rolnice – są to gąsienice motyli nocnych z podrodziny rolnice (Noctuinae). Na kukurydzy spotyka się zwykle rolnicę zbożówkę (*Agrotis segetum* Den. & Schiff.), rolnicę czopówkę (*Agrotis exclamationis* L.), rolnicę panewkę (*Xestia c-nigrum* L.) oraz rolnicę gwoździówkę (*Agrotis ipsilon* Huf.) (Bereś 2011c). Długość ciała motyli dochodzi do 30 mm, natomiast rozpiętość skrzydeł do 55 mm. Ubarwienie zazwyczaj w tonacji jasno- lub ciemnobrązowej. Na przednich skrzydłach widoczne okrągłe lub przecinkowate plamki, zazwyczaj trzy na każdym skrzydle.

Druga para skrzydeł jaśniejsza. Gąsienice dorastają do 60 mm długości. Mają barwę oliwkowo-szarą z silnym woskowym połyskiem oraz czarnymi punktami lub ciemnymi smugami na grzbiecie i po bokach ciała. Posiadają trzy pary odnóży tułowiowych oraz 5 par posuwek. Zaniepokojone rolnice zwijają się spiralnie (Bereś 2014a, b). Rolnice występują w całym kraju. Na kukurydzy spotyka się je od siewów aż do zbioru. Największe zagrożenie dla roślin stanowią w lata masowego pojawu, które zdarzają się co kilka lub kilkanaście lat (Dubas 2004). Bezpośrednio na początku wegetacji kukurydzy rośliny mogą uszkadzać w ramach żeru uzupełniającego zimujące gąsienice. Po ich przepoczwarczeniu się w czasie rozwijania przez kukurydzę pierwszych liści lub pierwszych międzywęźli pojawia się pierwsze pokolenie rolnic. W tym czasie gąsienice mogą żerować w zwiniętych blaszkach liściowych oraz na korzeniach. W liściach wyjadają nieregularne dziury dodatkowo silnie zanieczyszczając je odchodami. Żerując w glebie podgryzają korzenie, w wyniku czego rośliny więdną, żółkną i zasychają. Ponadto mogą wgryzać się w podstawę łodygi, co prowadzi do ścięcia całej rośliny. Jedna rolnica może w ten sposób podgryźć do kilkunastu roślin w rzędzie. Drugie pokolenie rolnic pojawia się w czasie mlecznej i woskowej dojrzałości ziarniaków. Gąsienice tego pokolenia mogą żerować na korzeniach roślin, lecz także i na kolbach, gdzie doszczętnie wyjadają miękkie ziarniaki bez naruszania osadki. W wyniku ich żerowania zmniejsza się wysokość plonu ziarna, a dodatkowo plon jest gorszej jakości wskutek rozwoju chorób grzybowych. Żerowanie rolnic na kolbach przyczynia się do wzrostu ich porażenia przez fuzariozę kolb (Bereś 2014a, b).

Omacnica prosowianka (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) – jest to motyl nocny z rodziny wachlarzykowate (Crambidae). Osobniki dorosłe osiągają do 15 mm długości, a rozpiętość ich skrzydeł dochodzi do 34 mm. Przednie skrzydła samic są bladożółte z ciemnymi brzegami i dwoma falistymi liniami poprzecznymi, natomiast tylne są jaśniejsze z jasną środkową pręgą. Przednie skrzydła samców są ciemniejsze z jasnymi przepaskami, tylne natomiast są jaśniejsze. Gąsienica dorasta do 25 mm długości. Ma zabarwienie brunatnożółte, ze słabo zaznaczonymi brązowymi plamkami na każdym segmencie i z nieco ciemniejszym paskiem na grzbiecie (Bereś 2014a, b, 2016a). W warunkach Polski gatunek rozwija jedno pokolenie w ciągu roku, jednak w niektóre lata, od września możliwy jest nieliczny pojaw motyli drugiego pokolenia (Żołnierz i Hurej 2007; Bereś 2016a). Stadium zimującym omacnicy prosowianki są gąsienice znajdujące się w resztkach pożniwnych kukurydzy, w chwastach grubołodygowych lub w pędach innych roślin żywicielskich np. prosa i chmielu. Od końca kwietnia przędą kokony i przepoczwarczają się. Wylot motyli rozpoczyna się od pierwszej połowy czerwca (Dubas 2004; Bereś 2016a, b). Jako pierwsze pojawiają się zwykle samce, a dopiero kilka dni później wylatują z poczwarek samice. Maksimum lotu motyli przypada w pierwszej lub drugiej dekadzie lipca, natomiast kończy się w sierpniu. W lata upalne

i suche okres lotu szkodnika jest krótki i może zakończyć się już pod koniec lipca lub na początku sierpnia, natomiast w lata chłodne i deszczowe ulega wydłużeniu do końca sierpnia (Bereś 2016a). Po kopulacji samice składają jaja na roślinach. Okres składania jaj wynosi od 4,5 do 8 tygodni. Najkrótszy notuje się w lata ciepłe i suche, natomiast najdłuższy w lata deszczowe i stosunkowo chłodne. Pierwsze złoża jaj omacnicy prosowianki na roślinach notuje się od drugiej połowy czerwca. Okres ich wysokiej liczebności przypada od końca pierwszej do końca drugiej dekady lipca, ze szczytem liczebności na początku drugiej dekady lipca. Ostatnie złoża jaj spotyka się do drugiej połowy sierpnia (Bereś 2012a). Najwyższą liczbę jaj notuje się w środkowych piętrach rośliny na spodniej stronie blaszek liściowych pośrodku liścia tuż przy nerwie (Bereś 2012b). Wylęg gąsienic zaczyna się od drugiej dekady czerwca, natomiast okres ich licznego pojawu przypada zwykle w drugiej lub na początku trzeciej dekady lipca. Ostatnie, nieliczne wylęgi obserwuje się pod koniec sierpnia (Bereś 2012a). Omacnica prosowianka występuje aktualnie na obszarze całego kraju i uznawana jest za najgroźniejszego szkodnika kukurydzy. Gąsienice tego motyla w rejonach intensywnej uprawy kukurydzy mogą uszkadzać do 50–80, a lokalnie nawet do 100% roślin, powodując straty w plonach ziarna dochodzące do 20–30, a niekiedy do 40% (Dubas 2004). Wysoka szkodliwość gatunku wynika z długiego okresu żerowania gąsienic, a także uszkadzania przez nie niemal wszystkich nadziemnych części roślin kukurydzy tj. blaszek liściowych, nerwów liści, pochew liściowych, zawiązków kolb, wiech, kolb (zarówno liści okrywowych, świeżych znamion, ziarniaków, jak i rdzenia kolb), a także łodyg. Do uszkodzeń ważnych z ekonomicznego punktu widzenia zalicza się jednak bezpośrednie wyjadanie ziarniaków z kolb, podgryzanie kolb u nasady skutkujące ich obrywaniem się, a także złomy łodyg poniżej kolby, zwłaszcza, gdy cała roślina przewraca się na glebę. Dodatkowa szkodliwość gatunku wiąże się ze wzrostem podatności uszkodzonych roślin na porażenie przez choroby, zwłaszcza grzyby odpowiedzialne za rozwój fuzariozy kolb oraz zgnilizny korzeni i zgorzeli podstawy łodygi, których sprawcy mogą wytwarzać mikotoksyny (Mrówczyński i wsp. 2004; Bereś i Mrówczyński 2013; Bereś 2014a, b, 2016a).

Urazek kukurydziany (*Glischrochilus quadrisignatus* Say) – jest to chrząszcz z rodziny łyszczynkowate (Nitidulidae). Dla kukurydzy stadium szkodliwym są osobniki dorosłe. Osiągają one długość do 4–7 mm. Posiadają owalne, wydłużone ciało. Pokrywy skrzydeł są gładkie i lśniące, barwy czarnej z dwoma parami pomarańczowożółtych plam. Czułki są 11-segmentowe, kończące się trzy segmentową buławką (Bereś 2014a). Na kukurydzy chrząszcze występują od czerwca aż do września lub października, przy czym największą ich liczebność notuje się w sierpniu (Bereś 2014b). Chrząszcze żerując na kolbach wyjadają z nich miękkie ziarniaki, z których pozostają jedynie resztki okryw owocowo-nasiennych. Dodatkowo podczas licznego żerowania owady mogą pogarszać zdrowotność

roślin, ponieważ ułatwiają porażanie kolb przez sprawców fuzariozy kolb (*Fusarium* spp.) (Mrówczyński i wsp. 2004; Bereś 2014b). Liczebność oraz szkodliwość urazka kukurydzianego jest często wyższa na plantacjach kukurydzy silniej opanowanych przez inne szkodniki, głównie omacnice prosowiankę. Jest to związane z tym, że zapach unoszący się z gnijących lub fermentujących tkanek kukurydzy działa jak atraktant, który zwabia chrząszcze na uszkodzone rośliny i stymuluje ich żerowanie (Bereś 2014b).

Obok wyżej wymienionych gatunków na plantacjach kukurydzy stwierdza się wiele innych szkodników, które w mniejszym bądź większym stopniu zagrażają roślinom. W ostatnich kilku latach coraz powszechniej stwierdza się występowanie skrzypionek zbożowych (które przechodzą już cały cykl rozwojowy na tej roślinie), zwójkówek, pienika ślinianki, zmienników, piętnówek i słonecznicy orężówki. Lokalnie dużą szkodliwością odznacza się także śmietka kiełkówka, ptaki oraz zwierzyna łowna, która zostanie omówiona w odrębnym rozdziale. Pojawiają się także nowe zagrożenia. Jednym z nich jest *Helotropha leucostigma*, której gąsienice uszkadzają młode rośliny kukurydzy (Bereś i Konefał 2013b). Coraz łatwiej także spotkać wieczernicę szczawiówkę, włócznicę białożyłkę oraz znamionówkę tarniówkę (Bereś 2011a, 2014a).

Fot. 35. Drutowiec (fot. P. Bereś)

Fot. 36. Pędrak (fot. P. Bereś)

Fot. 37. Ploniarka zbożówka – larwa (fot. P. Bereś)

Fot. 38. Stonka kukurydziana – samica (fot. P. Bereś)

Fot. 39. Kolonia mszycy czeremchowo-zbożowej (fot. P. Bereś)

Fot. 40. Przylżeniec (wciornastek) – osobnik dorosły (fot. P. Bereś)

Fot. 41. Rolnica (fot. P. Bereś)

Fot. 42. Omacnica prosowianka (fot. P. Bereś)

Fot. 43. Urazek kukurydziany (fot. P. Bereś)

2. NIECHEMICZNE METODY OCHRONY

W metodach niechemicznych plantatorzy mają do dyspozycji szereg sposobów ograniczających liczne namnażanie się szkodników, a tym samym ich szkodliwość. Głównym ich zadaniem jest szeroko rozumiana profilaktyka, stąd też po użyciu nie zawsze efekt zwalczania jest widoczny od razu. Niekiedy potrzeba odczekać na niego od kilku miesięcy do nawet kilku lat. W metodach tych jest jednak kilka działań, które służą do bezpośredniego zwalczania niektórych gatunków np. przez stosowanie biopreparatów, czy też zabiegów mechanicznej uprawy gleby bądź rozdrabniania resztek pożniwnych.

W ramach niechemicznej ochrony roślin plantatorzy kukurydzy wykorzystują głównie trzy metody: agrotechniczną, hodowlaną oraz biologiczną. Metody agrotechnicznego ograniczania liczebności szkodników, aby przyniosły pożądany efekt, muszą być stosowane corocznie na jak największym areale. W metodach tych niezmiernie ważne jest, aby kukurydzę wysiewać na odpowiednich stanowiskach, na których roślina ta znajdzie optymalne warunki dla rozwoju, dzięki czemu łatwiej przezwycięży skutki żerowania niektórych gatunków (o ile te nie wystąpią masowo). Przy doborze pola pod siew należy unikać więc gleb słabych, stanowisk zacienionych, okresowo zalewanych, podmokłych, czy też położonych na zbyt dużych wzniesieniach (ryzyko erozji glebowej). Ponadto wskazane jest stosowanie płodozmianu, który pozwala ograniczyć szkodliwość m.in. drutowców, pędraków, rolnic, omacnicy prosowianki, a w szczególności stonki kukurydzianej (Bereś i Mrówczyński 2013; Bereś 2015a).

Jednym ze sposobów ograniczania pojawu niektórych szkodników jest zastosowanie izolacji przestrzennej czyli oddalenia uprawy kukurydzy od miejsc wysokiego ryzyka licznej obecności agrofagów (zwykle miejsc ich zimowania). Działanie takie jest stosowane m.in. w odniesieniu do ploniarki zbożówki, mszyc, wciornastków, zmieników, omacnicy prosowianki, rolnic, ptaków czy też zwierzyny leśnej. Im odległość kukurydzy od takich stanowisk będzie większa, tym większa szansa, że pojaw tych gatunków będzie mniej liczny (Mrówczyński 2013).

W metodzie agrotechnicznej wiele uwagi poświęca się zabiegom mechanicznym gleby. Mają one bardzo duże znaczenie, zwłaszcza w ograniczaniu liczebności szkodników glebowych (drutowców, pędraków, rolnic, larw stonki kukurydzianej) lub gatunków tylko okresowo przebywających w glebie (w czasie zimowania). Do najpowszechniej stosowanych zabiegów zalicza się m.in. bronowanie, kultywatorowanie, podorywkę, agregat uprawowy oraz orkę zimową. Głównym celem uprawek mechanicznych jest albo bezpośrednie uśmiercenie przebywających w glebie szkodników, albo znaczne pogorszenie im warunków siedliska (np. przez przesuszenie wierzchniej warstwy gleby), wskutek czego ogranicza się intensywność ich żerowania (Bereś i Pruszyński 2008; Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013).

W sytuacji, kiedy metody monitoringu (odkrywki glebowe) wskażą na duże zagrożenie ze strony szkodników glebowych na danym stanowisku, a gospodarstwo nie dysponuje alternatywnym polem pod uprawę kukurydzy, wówczas rozwiązaniem może być zwiększenie normy wysiewu o co najmniej 10%. Czynność ta kompensuje potencjalne straty związane z wypadaniem podgryzionych przez szkodniki roślin (Bereś i Mrówczyński 2013). Pewną formą wpływania na niektóre szkodniki może być także manipulowanie terminem siewu. Działanie to ma jednak sens tylko wtedy, gdy warunki pogodowe sprzyjają rozwojowi roślin. Na południu kraju za optymalny okres wysiewu kukurydzy uznaje się koniec drugiej i trzecią dekadę kwietnia. W rejonach północnych jest to często koniec kwietnia i pierwsza dekada maja. Termin siewu można jednak albo przyśpieszyć albo opóźnić w zależności od gatunku szkodnika, którego szkodliwość chce się obniżyć. Tendencją w uprawie kukurydzy jest jednak przyśpieszanie siewów, co pozwala na uprawę odmian o dłuższej wegetacji, a tym samym plenniejszych. W praktyce zdarzają się już siewy kukurydzy na początku kwietnia. Lokalnie pojawiają się już technologie sprzyjające wczesnym siewom jak np. uprawa kukurydzy pod specjalną folią, co pozwala znacząco przyśpieszyć siewy z jednoczesnym ograniczeniem ryzyka przechłodzenia gleby. Wczesne siewy wykonane w drugiej dekadzie kwietnia (pod warunkiem korzystnego przebiegu pogody) pozwalają roślinom wzmocnić się przed masowym pojawem niektórych szkodników m.in. szkodnikami glebowymi, ploniarką zbożówką, mszycami i wciornastkami. W momencie licznego pojawu tych gatunków rośliny kukurydzy są już w zawansowanym wzroście, dzięki czemu stają się albo mniej atrakcyjne dla szkodników (np. samic ploniarki zbożówki składających jaja) albo ich tkanki są twardsze, a tym samym mniej podatne na uszkodzenie (Bereś i Mrówczyński 2013, Mrówczyński 2013). W literaturze krajowej brakuje jednak danych pokazujących jak wygląda szkodliwość niektórych gatunków przy bardzo wczesnych siewach. Można jednak przypuszczać, że różnica 2–3 tygodni w rozwoju roślin wysianych na początku kwietnia i przykładowo pod koniec tego miesiąca, przy korzystnym przebiegu pogody nie jest obojętna dla agrofagów i powinna raczej wpłynąć korzystnie na ograniczenie ich pojawu. Jeżeli jednak wiosenne chłody będą towarzyszyć wcześnie wysianej kukurydzy przed dłuższy okres czasu, to efekt może być odwrotny – osłabione rośliny będą bardziej podatne na uszkodzenia.

Z reguły nie praktykuje się opóźniania siewów kukurydzy. Wyjątkiem są tu sytuacje niezależne od rolników, np. wpływ pogody uniemożliwiający wysiew ziarna w optymalnym okresie. Jak pokazały jednak badania, opóźnienie siewu kukurydzy w rejonie południowej Polski do drugiej połowy maja, może mieć pozytywne skutki, gdyż pozwala ograniczyć szkody powodowane przez omacnicę prosowiankę i larwy stonki kukurydzianej (Bereś 2013). Z drugiej jednak strony późno-majowy siew zwiększa szkodliwość ploniarki zbożówki (Kruczek 2011). Patrząc z punktu widzenia agrotechniki kukurydzy, celowe stosowanie

opóźnionych siewów nie znajduje jednak zainteresowania wśród gospodarstw uprawiających tę roślinę, tym bardziej w ostatnich latach, gdy narasta w niektórych regionach problem suszy.

Ważną czynnością w skutecznej ochronie kukurydzy przed pojawem niektórych gatunków szkodliwych jest zbilansowane nawożenie. Na plantacjach na których stosuje się obornik należy zwracać uwagę na dokładne jego przyoranie, dzięki czemu ogranicza się pojaw śmietki kiełkówki, której samice do składania jaj do gleby zwabia zapach unoszący się z rozkładającej się materii organicznej (Mrówczyński i wsp. 2004). Przy nawożeniu mineralnym bardzo ważne jest poznanie zarówno potrzeb pokarmowych kukurydzy, jak i zasobności stanowiska w odpowiednie makro i mikroelementy. Wiele uwagi należy zwracać na nawożenie azotem. Wykazano, że ten makroskładnik podawany roślinom w większych dawkach może przyczyniać się do wzrostu ich zasiedlenia przez mszyce, a także uszkodzenia powodowane przez omacnicę prosowiankę (Bartos i Michalski 2006; Kruczek i wsp. 2007; Szulc i wsp. 2007, 2008a, b; Mrówczyński 2013). Z kolei potas stosowany w wysokich dawkach może redukować liczebność roślin uszkodzonych przez gąsienice omacnicy prosowianki (Bartos i Michalski 2006).

Dla potrzeb zapewnienia optymalnego wzrostu roślinom kukurydzy konieczne jest redukowanie zachwaszczenia. Chwasty z jednej strony stanowią naturalną konkurencję dla rośliny uprawnej o stanowisko, wodę, składniki odżywcze oraz światło, a z drugiej strony mogą być miejscem zimowania, bądź wstępnego namnażania się niektórych gatunków szkodliwych, które następnie migrują na kukurydzę. Na roślinach dziko rosnących mogą występować m.in. przylżeńce, mszyce, zmieniki, pienik ślinianka, rolnice, piętnówki, a w szczególności omacnica prosowianka (Dubas 2004; Bereś i Pruszyński 2008). W odniesieniu do omacnicy prosowianki szczególna uwaga musi być zwrócona na chwasty grubołodygowe na których owad może się rozwijać lub w nich zimować. Do takich roślin zalicza się: bylice pospolitą, komosę wielonasienną, komosę białą, szarłat szorstki, psiankę czarną, rdest plamisty, rdest szczawiolistny, czy też lulek czarny (Bereś 2016a).

W pełni okresu wegetacji kukurydzy zastosowanie metod agrotechnicznych jest już bardzo ograniczone. W okresie dojrzewania ziarna ważne jest, aby terminowo zebrać plon zielonej masy lub ziarna. W ten sposób można ograniczyć straty ilościowe i jakościowe powodowane przez żerujące w tym czasie gąsienice omacnicy prosowianki, rolnic, urazka kukurydzianego, mszyce, przylżeńce oraz ptaki i zwierzynę łowną. Ponadto ogranicza się w ten sposób straty powodowane przez choroby, zwłaszcza wywoływane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013). W rejonach szczególnie zagrożonych licznym pojawem omacnicy prosowianki nie powinno się zwlekać ze zbiorem plonu do późnej jesieni np. listopada, gdyż w tym czasie zwykle pojawiają się niekorzystne warunki pogodowe jak np. silne wiatry, intensywne opady deszczu, a w niektóre

lata nawet opady śniegu, które mogą wyłamywać rośliny uszkodzone przez gąsienice, co tym samym utrudni zbiór plonu.

Bezpośrednio po zbiorze plonu należy zastosować na ściernisko rozdrabniacz resztek. Zwykle do tego celu stosuje się mulczery, choć w mniejszych gospodarstwach również i glebogryzarki. Użycie wysoce wydajnych maszyn (np. o większej liczbie bijaków) pozwala mechanicznie zniszczyć nawet do 70% przygotowanych do zimowania gąsienic omacnicy prosowianki o ile te nie zejdą w podziemne części łodyg (Bereś 2016a). Ponadto rozdrobnienie resztek pożniwnych na sieczkę przyśpiesza proces ich mineralizacji. Często na ściernisko kukurydzy w okresie jesieni dodatkowo stosuje się nawóz azotowy, wapniowy, a ostatnio również i preparaty mikrobiologiczne, których zadaniem jest przyśpieszenie rozkładu materii organicznej (Bereś 2016b). Szybko rozkładające się resztki pożniwne są łatwiejsze do pocięcia wiosną np. przez bronę talerzową lub agregat uprawowy aktywny, których użycie dodatkowo pozwala zniszczyć mechanicznie te agrofagi, które przetrwały zabiegi jesiennego rozdrabniania słomy, co ma duże znaczenie na polach prowadzonych w monokulturze.

Na plantacjach silnie opanowanych przez omacnicę prosowiankę i fuzariozy, jednorazowo dopuszcza się zebranie resztek pożniwnych z pola (zwierających zimujące gąsienice i zarodniki przetrwalnikowe grzybów) i ich wykorzystanie np. do produkcji brykietu, co pozwala ograniczyć liczebność agrofagów w kolejnym sezonie wegetacyjnym (Mrówczyński 2013). Nie należy jednak tej czynności wykonywać corocznie, gdyż zubaża glebę w materię organiczną, która jest potrzebna do procesów tworzenia próchnicy.

Ważnym zadaniem po rozdrobnieniu słomy kukurydzianej jest jak najszybsze przyoranie jej, co pozwala przykryć glebą stadia zimujące patogenów oraz szkodników, co utrudnia im wiosną migrację ku powierzchni (Bereś i Mrówczyński 2013). Staranne przyoranie słomy (ale nie za głęboko, gdyż mikroorganizmy rozkładające resztki wymagają dostępu do tlenu) jest ważnym zabiegiem, który z jednej strony przykrywa glebą niektóre szkodniki, a z drugiej wydobywa na powierzchnię wiele ich stadiów zimujących, gdzie stają się łatwym łupem dla wrogów naturalnych, bądź giną wskutek oddziaływania pogody. Ponadto, w związku z rosnącą w ostatnich latach szkodliwością śmietki kiełkówki dokładne przyoranie resztek pożniwnych ogranicza wiosną unoszenie się zapachu z rozkładającej się materii organicznej, dzięki czemu nie są masowo zwabiane samice tego gatunku na takie stanowiska, a odgrywa ważną rolę na plantacjach prowadzonych w monokulturze.

Kluczową rolę w integrowanej ochronie roślin ma dobór odmian do wysiewu. Jest to o tyle istotne, że już sam wybór odpowiedniej odmiany, bez angażowania dodatkowych nakładów, może przynieść wymierne korzyści produkcyjne przekraczające wielkość 20% plonów ziarna i 10% plonów ogólnej suchej masy (Kaniuczak i Pruszyński 2007). Obok wysokiej plenności, uprawiane odmiany

powinny charakteryzować się mniejszą podatnością na uszkodzenia powodowane przez szkodniki. Stwierdzono, że odmiany mniej podatne mogą być dwu, a nawet trzykrotnie słabiej uszkadzane przez niektóre szkodniki od najwrażliwszych, przy czym nie są to rośliny GMO, których uprawa w Polsce jest zabroniona od 2013 roku (Kaniuczak i Pruszyński 2007). Większa tolerancja niektórych odmian kukurydzy na żerowanie szkodników może wynikać m.in. z ich lepszego dostosowania do uprawy w lokalnych warunkach glebowo-klimatycznych, budowy morfologicznej podziemnych oraz nadziemnych części roślin, tempa wzrostu początkowego, wczesności, czy też składu biochemicznego (Dąbrowski 1976; Mrówczyński 2013; Bereś 2016a, b). Aktualnie największe znaczenie praktyczne ma podatność dostępnych na rynku odmian na uszkodzenia powodowane przez omacnicę prosowiankę. Urzędowe badania z tego zakresu prowadzi Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Informacje o podatności mieszańców prezentowane są w corocznie wydawanych Listach Opisowych Odmian (Mrówczyński 2013; Bereś 2016a).

Jednym z czynników różnicujących podatność odmian kukurydzy na szkodniki może być ich wczesność wyrażona w liczbie FAO. Dotychczasowe badania wykonane pod kątem szkodliwości omacnicy prosowianki wykazały, że w rejonach jej licznego występowania najbardziej podatne na uszkodzenia są odmiany wczesne (FAO do 220). Odmiany średniopóźne (FAO 260–290) uszkadzane są w mniejszym stopniu (Sulewska i Ptaszyńska 2007; Bereś i Górski 2012; Bereś 2013). Zwrócono także uwagę, że odmiany posiadające cechę „stay green" (dłużej zielone) mogą być mniej podatne na omacnicę prosowiankę w porównaniu do odmian bez tej cechy (Szulc 2013a, b). W przypadku ploniarki zbożówki wykazano natomiast, że najmniej podatne na larwy tej muchówki są odmiany wczesne, które zwykle charakteryzują się szybkim wzrostem początkowym w porównaniu do odmian średniopóźnych (Sulewska i Ptaszyńska 2007; Bereś 2015c). W odniesieniu do chrząszczy stonki kukurydzianej zauważono, że początkowo owady najliczniej zasiedlają odmiany najwcześniejsze kukurydzy, zwłaszcza, gdy te kwitną. W późniejszym czasie przelatują na odmiany o późniejszej wegetacji, w tym posiadające cechę „stay green", które wolniej dojrzewają, a tym samym przez dłuższy okres czasu dostarczają pokarm szkodnikowi. Wykazano, że na odmianach późnych żeruje więcej chrząszczy stonki kukurydzianej aniżeli na odmianach wczesnych, szybko dojrzewających (Bereś 2013).

W integrowanej ochronie kukurydzy przed szkodnikami, niezmiernie ważne jest unikanie uprawy roślin pochodzących z samoreprodukcji pokolenia F_2 i F_3. Na początku XXI. wieku szacowano, że udział pól kukurydzy obsianych ziarnem pokolenia F_2, stanowił co najmniej 20% powierzchni uprawy kukurydzy w kraju (Sulewska i wsp. 2008). Obecnie przypuszcza się, że jest to już znacznie mniejszy areał, skoncentrowany już głównie tylko w bardzo małych gospodarstwach. Ważne jest jednak, że badania dotyczące podatności takich mieszańców

na agrofagi wskazują na to, że mogą być silniej uszkadzane przez omacnicę prosowiankę w porównaniu do odmian wyjściowych (pokolenia F_1), a także porażane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (Szymańska i wsp. 2009; Bereś 2013). Za wzrost podatności roślin pokolenia F_2 i F_3 na agrofagi odpowiedzialne jest rozszczepianie się cech (tzw. mendlowanie) czyli stopniowy powrót do linii wsobnych z których zostały wytworzone na drodze hodowli (Sulewska i wsp. 2008).

Coraz większą rolę w metodach niechemicznej ochrony kukurydzy przed szkodnikami odgrywa walka biologiczna. W chwili obecnej jest ona skierowana przeciwko omacnicy prosowiance, niemniej pośrednio oddziałuje również na inne szkodniki z rzędu motyli (Lepidoptera), w tym na rolnice, piętnówki i słonecznicę orężówkę, o ile owady te pojawią się na plantacji po zastosowaniu biopreparatów. W metodzie biologicznej wykorzystuje się niewielką błonkówkę z rodzaju *Trichogrammatidae* zwaną kruszynkiem (*Trichogramma* spp.), która jest pasożytem jaj wielu owadów, w tym motyli (Wiąckowska 1995).

Na świecie znanych jest ponad 200 gatunków kruszynka, jednak w ochronie roślin stosuje się zwykle kilkadziesiąt z nich. W Europie do najważniejszych gatunków zalicza się przede wszystkim: *Trichogramma evanescens*, *T. pintoi*, *T. embryophagum*, *T. cacoeciae*, *T. brassicae* i *T. semblidis* (Wiąckowska 1995). Kruszynek występuje w warunkach naturalnych, jednak na polach kukurydzy pojawia się w niewielkim nasileniu, a niekiedy nie ma go w ogóle. W takiej sytuacji zachodzi konieczność jego sztucznej introdukcji (Cagan i wsp. 1998).

W Polsce dostępnych jest kilka biopreparatów przeznaczonych do zwalczania omacnicy prosowianki, które zawierają ten sam gatunek kruszynka – *Trichogramma brassicae*. Na mniejszych areałach kruszynek może być stosowany w formie kartonowych zawieszek, które umieszcza się na najlepiej rozwiniętym liściu kukurydzy lub w postaci biodegradowalnych kulek rozrzucanych ręcznie na glebę. Na większych areałach wykorzystuje się specjalne rozrzutniki do kulek montowane do ciągników lub rozrzuca się je w odpowiednich odstępach z użyciem dronów. Z kolei sypką wersję biopreparatów aplikuje się na rośliny za pomocą wiatrakowców lub samolotów (Bereś 2016a). W zależności od zaleceń producenta oraz poziomu zagrożenia ze strony omacnicy prosowianki zwykle wykonuje się 1–2 wyłożenia kruszynka, a w kukurydzy cukrowej niekiedy trzy.

Przy stosowaniu metody biologicznej o jej skuteczności obok pogody i ilości uwalnianych błonkówek decyduje przede wszystkim termin wykonania introdukcji. Musi on zostać precyzyjnie ustalony na podstawie dostępnych metody sygnalizacyjnych, w których zaleca się łączne użycie co najmniej dwóch niezależnych od siebie obserwacji. Może to być m.in. zastosowanie izolatora entomologicznego pozwalającego na ocenę dynamiki wylotu motyli z resztek pożniwnych kukurydzy. W warunkach polowych z kolei stosuje się pułapki feromonowe, które za pomocą syntetycznych związków zapachowych przyciągają bądź tylko samce (atraktant płciowy) bądź osobniki obojga płci (atraktant pokarmowy) lub wykorzystuje

się wysoce wydajne pułapki świetlne o różnej intensywności światła (lampy sodowe, świetlówki, ultrafiolet, diody LED) od której zależy efektywność oddziaływania samołówki. Uzupełnieniem obserwacji nalotu motyli na pola są bezpośrednie obserwacje roślin na obecność jaj i młodych gąsienic wspierane dodatkowo komunikatami sygnalizacyjnymi podawanymi m.in. przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Instytut Ochrony Roślin – PIB, Ośrodki Doradztwa Rolniczego i firmy komercyjne (Bereś 2016a).

Wyniki wieloletnich badaniach IOR – PIB w Rzeszowie wskazują, że w przypadku stosowania pułapek świetlnych, termin pierwszego wyłożenia biopreparatów powinien przypadać, w zależności od regionu, na koniec drugiej lub na trzecią dekadę czerwca (południowa i częściowo środkowa Polska) oraz na koniec trzeciej dekady czerwca i pierwsze dni lipca (rejony środkowe i północne). Drugie wyłożenie kruszynka przeprowadza się 7–10 dni później, co już zbiega się w czasie z licznym składaniem jaj przez samice, a trzecie (rzadko praktykowane) po kolejnych 7 dniach (Bereś 2016a, b).

Wykaz najważniejszych sposobów niechemicznego ograniczania liczebności i szkodliwości wybranych szkodników kukurydzy prezentuje tabela 30.

Tabela 30. Niechemiczne metody ochrony kukurydzy przed szkodnikami

Szkodnik	Sposoby ograniczania szkodliwości
Błędnica butwica	poprawna agrotechnika, zwalczanie chwastów, izolacja przestrzenna (od terenów podmokłych i głównych roślin żywicielskich m.in. szczawiu lancetowatego, chabra bławatka, turzyc, kosaćców, rdestów)
Błyszczka jarzynówka	poprawna agrotechnika, zwalczanie chwastów komosowatych, izolacja przestrzenna (od innych roślin żywicielskich m.in. warzyw kapustowatych, rzepaku, buraka, ziemniaka), rozdrabnianie resztek pożniwnych, wczesna i głęboka orka jesienna
Helotropha leucostigma	poprawna agrotechnika, zwalczanie chwastów, izolacja przestrzenna (od terenów podmokłych oraz roślin żywicielskich m.in. tataraku, turzyc, jeżogłówce, kosaćców)
Drutowce i pędraki	poprawna agrotechnika, płodozmian, podorywki, talerzowanie, bronowanie, dobór odmian o rozbudowanym systemie korzeniowym i szybkim wzroście początkowym, wczesny siew, zwiększona norma wysiewu, spulchnianie gleby, zwalczanie chwastów, izolacja przestrzenna (od nieużytków, łąk, pastwisk i lasów), rozdrabnianie resztek pożniwnych, orka jesienna
Gryzonie	poprawna agrotechnika, płodozmian, podorywki, talerzowanie, bronowanie, spulchnianie gleby, zwalczanie chwastów, wykaszanie traw wokół plantacji, izolacja przestrzenna (od nieużytków, łąk, pastwisk i roślin zbożowych), orka jesienna
Lenie	poprawna agrotechnika, płodozmian, podorywki, izolacja przestrzenna (od terenów podmokłych oraz roślin zbożowych), wczesny siew ziarna, zwiększenie normy wysiewu ziarna

Miniarki	poprawna agrotechnika, zbilansowane nawożenie, izolacja przestrzenna (od roślin zbożowych oraz trwałych użytków zielonych), zwalczanie chwastów,
Mszyce	poprawna agrotechnika, zbilansowane nawożenie (głównie azotem), izolacja przestrzenna (od roślin żywicielskich m.in. od kukurydzy, zbóż, czeremchy, dzikich i ogrodowych róż, wiązu, łąk, pastwisk, nieużytków), wczesny siew ziarna, zwalczanie chwastów, ochrona owadów pożytecznych
Omacnica prosowianka	poprawna agrotechnika, płodozmian, dobór odmian mniej podatnych na szkodnika, podorywki, talerzowanie, zbilansowane nawożenie (zwłaszcza azotem), izolacja przestrzenna (od innych pól kukurydzy, resztek pożniwnych kukurydzy oraz pozostałych roślin żywicielskich m.in. chmielu, prosa), stosowanie biopreparatów, wczesny zbiór plonu, rozdrabnianie i głębokie przyoranie resztek pożniwnych bezpośrednio po zbiorze, zebranie resztek pożniwnych z pola i ich przerób na brykiety, głęboka orka jesienna
Pasikonik zielony	izolacja przestrzenna (od łąk, pastwisk, nieużytków), zwalczanie chwastów
Pchełki ziemne	poprawna agrotechnika, zbilansowane nawożenie, wczesny siew, izolacja przestrzenna (od warzyw kapustowatych, rzepaku, buraka, zbóż), zwalczanie chwastów
Pienik ślinianka	izolacja przestrzenna (od terenów podmokłych, łąk, pastwisk, nieużytków), zbilansowane nawożenie, zwalczanie chwastów
Piętnówki i rolnice	poprawna agrotechnika, płodozmian, podorywki, talerzowanie, izolacja przestrzenna (od warzyw kapustowatych, rzepaku, nieużytków, zbóż, terenów podmokłych), zbilansowane nawożenie, dobór odmian o rozbudowanym systemie korzeniowym, wczesny siew, zwiększenie normy wysiewu, zwalczanie chwastów, rozdrabnianie resztek pożniwnych, orka jesienna
Ploniarka gnijka	poprawna agrotechnika, zbilansowane nawożenie, wczesny siew, zwalczanie chwastów, izolacja przestrzenna (od zbóż ozimych, łąk, pastwisk)
Ploniarka zbożówka	poprawna agrotechnika, podorywki, wczesny siew, zwalczanie chwastów, uprawa odmian mniej podatnych, w rejonach wysoce zagrożonych uprawa odmian o szybkim wzroście początkowym, izolacja przestrzenna (od zbóż ozimych, łąk, pastwisk)
Przędziorek chmielowiec	poprawna agrotechnika, płodozmian, zwalczanie chwastów
Ptaki	wczesny siew, zwiększenie normy wysiewu, izolacja przestrzenna (od większych drzewostanów), stosowanie odstraszaczy akustycznych i świetlnych
Skrzypionki	poprawna agrotechnika, wczesny siew, izolacja przestrzenna (od roślin zbożowych), zrównoważone nawożenie
Skoczek sześciorek	poprawna agrotechnika, wczesny siew, izolacja przestrzenna (od roślin zbożowych), zrównoważone nawożenie

Słonecznica orężówka	poprawna agrotechnika, płodozmian, zwalczanie chwastów, rozdrabnianie resztek pożniwnych, głęboka orka jesienna
Stonka kukurydziana	poprawna agrotechnika, płodozmian, dobór odmian o rozbudowanym systemie korzeniowym, izolacja przestrzenna (od pól kukurydzy prowadzonych w monokulturze), wczesny siew, zwalczanie chwastów, rozdrabnianie resztek pożniwnych, głęboka orka jesienna
Ślimaki	poprawna agrotechnika, płodozmian, podorywki, talerzowanie, staranna uprawa roli, wapnowanie gleby, izolacja przestrzenna (od roślin zbożowych, rzepaku i warzyw kapustnych), wczesny i głębszy siew ziarna, zwiększenie normy wysiewu, zwalczanie chwastów, wykaszanie traw wokół plantacji, rozdrabnianie resztek pożniwnych, orka jesienna
Śmietka kiełkówka	poprawna agrotechnika, płodozmian, dobór odmian o szybkim wzroście początkowym, wczesny siew, zwiększenie normy wysiewu ziarna, zwalczanie chwastów, dokładne przyorywanie obornika, rozdrabnianie resztek pożniwnych i ich przyorywanie
Turkuć podjadek	poprawna agrotechnika, płodozmian, zwalczanie chwastów, wykaszanie traw wokół plantacji, izolacja przestrzenna (od terenów podmokłych, sadów, lasów i upraw warzywnych), rozdrabnianie resztek pożniwnych, orka jesienna
Urazek kukurydziany	poprawna agrotechnika, płodozmian, izolacja przestrzenna (od sadów i upraw warzywnych), terminowy zbiór plonu, rozdrabnianie resztek pożniwnych, orka jesienna
Wciornastki	poprawna agrotechnika, wczesny siew, izolacja przestrzenna (od roślin zbożowych, nieużytków oraz łąk), zbilansowane nawożenie, zwalczanie chwastów, orka jesienna
Wieczernica szczawiówka	poprawna agrotechnika, płodozmian, izolacja przestrzenna (od łąk, lasów, zadrzewień śródpolnych i terenów podmokłych), zwalczanie chwastów
Włócznica białożyłka	poprawna agrotechnika, płodozmian, izolacja przestrzenna (od łąk, lasów, zadrzewień śródpolnych i terenów podmokłych), zwalczanie chwastów
Zmieniki	poprawna agrotechnika, płodozmian, zbilansowane nawożenie, izolacja przestrzenna (od łąk, pastwisk i nieużytków), uprawa odmian o zwartych liściach okrywowych kolb, zwalczanie chwastów, wczesny zbiór plonu
Znamionówka tarniówka	izolacja przestrzenna (od większych drzewostanów liściastych i iglastych)
Zwierzęta łowne	wczesny siew, zwiększenie normy wysiewu, izolacja przestrzenna (od większych drzewostanów), stosowanie odstraszaczy akustycznych, świetlnych i repelentów, budowa trwałych ogrodzeń
Zwójki	poprawna agrotechnika, izolacja przestrzenna (od roślin zbożowych), zbilansowane nawożenie (zwłaszcza azotem), zwalczanie chwastów

Źródło: Bereś i Mrówczyński (2013); Mrówczyński (2013)

Fot. 44. Biopreparat do zwalczania omacnicy prosowianki w postaci kulki rzucanej na glebę (fot. P. Bereś)

Fot. 45. Biopreparat do zwalczania omacnicy prosowianki w postaci zawieszki na liście (fot. P. Bereś)

3. METODY OKREŚLANIA LICZEBNOŚCI I PROGI SZKODLIWOŚCI

W integrowanej ochronie roślin niezmiernie ważne jest monitorowanie pojawu gatunków szkodliwych (w tym ich poszczególnych stadiów rozwojowych) dla potrzeb ustalenia potrzeby i terminu ich zwalczania. Wyniki obserwacji powinny być zapisywane celem udokumentowania zasadności późniejszego stosowania chemicznej ochrony roślin. Obserwacja roślin kukurydzy na obecność szkodników jest kluczowa do wykrycia zagrożenia i odpowiedniego zareagowania na nie. Prowadzony monitoring powinien obejmować okres od momentu wybrania pola pod siew (analizy gleby na obecność szkodników) aż do końca wegetacji roślin, w tym w trakcie przechowywania plonu (szkodniki magazynowe).

Monitoring występowania i liczebności gatunków szkodliwych powinien być prowadzony co najmniej raz w tygodniu, a w przypadku gatunków bardzo ważnych gospodarczo niekiedy 2–3 razy w tygodniu, w okresie występowania stadium szkodliwego lub stadium bezpośrednio je poprzedzającego (Bereś i Mrówczyński 2013). W tabeli 31. zaprezentowano najważniejsze metody pozwalające określić liczebność oraz szkodliwość wybranych szkodników.

Tabela 31. Metody wykonania obserwacji dla potrzeb ustalenia terminów i konieczności zwalczania wybranych szkodników kukurydzy

Szkodnik	Termin analizy	Sposób wykonania obserwacji
Drutowce	przed siewem (BBCH 00)	Przesiać glebę z dołków o wymiarach 25 × 25 cm i głębokości 30 cm. Na 1 ha uprawy kukurydzy wykonać co najmniej 32 odkrywki glebowe w równych odstępach. Wraz z każdym kolejnym hektarem liczbę odkrywek należy zwiększać o 2 sztuki. Określić liczbę drutowców.
	od siewu do dojrzałości pełnej ziarna (BBCH 00–89)	Na miedzy wokół plantacji kukurydzy umieścić pułapki feromonowe np. typu Yatlorf z dyspenserem feromonowym przeznaczonym do odławiania konkretnego gatunku chrząszczy sprężykowatych. Na powierzchni 1 ha umieścić co najmniej 2 pułapki w odległości nie mniejszej niż 30 m jedna od drugiej. Przynajmniej raz w tygodniu policzyć odłowione chrząszcze. Pułapka pozwala określić poziom liczebności sprężykowatych na danym terenie.
Lenie	przed siewem (BBCH 00)	Przesiać glebę z dołków o wymiarach 25 × 25 cm i głębokości 10 cm. Na 1 ha uprawy kukurydzy wykonać co najmniej 32 odkrywki glebowe w równych odstępach. Wraz z każdym kolejnym hektarem liczbę odkrywek należy zwiększać o 2 sztuki. Określić liczbę larw leni.
Mszyce	od fazy 1 liścia do końca okresu wegetacji kukurydzy (BBCH 11–97)	Średnią liczbę mszyc na roślinie na plantacji o powierzchni 1 ha ustala się szacując liczbę wszystkich żywych osobników raz w tygodniu na 10 losowo wybieranych roślinach po przekątnej pola. Wraz z każdym kolejnym hektarem zwiększyć liczbę analizowanych roślin o co najmniej 2 sztuki. Stwierdzenie średnio 300 mszyc na roślinę wskazuje na konieczność wykonania zabiegu chemicznego. W celu wykrycia nalotu mszyc można stosować w uprawie żółte tablice lepowe w liczbie 1–2 szt./1 ha.

Omacnica prosowianka	od jesieni do wiosny (po zbiorze plonu)	Z resztek pożniwnych pobrać co najmniej 100 łodyg kukurydzy z zimującymi gąsienicami omacnicy prosowianki i umieścić je w izolatorze entomologicznym przetrzymywanym w warunkach polowych. Od wiosny śledzić wyloty motyli z poczwarek, zwracając uwagę na szczyt ich liczebności. Po stwierdzeniu licznego wylotu motyli obserwacje przenieść na pole kukurydzy.
	faza wiechowania (BBCH 51–59)	Monitoring plantacji na obecność motyli prowadzić od połowy czerwca. Pułapki feromonowe lub świetlne umieścić w okolicy zasiewu i kontrolować przynajmniej 1–2 razy w tygodniu. W przypadku pułapek feromonowych zaleca się użycie 1–2 szt./1 ha. Pułapka świetlna dużej mocy wystarcza na całą miejscowość, natomiast o słabszym źródle światła powinna przypadać 1 sztuka na dane pole. Stwierdzenie pierwszych motyli (zwłaszcza samic) jest sygnałem, do rozpoczęcia biologicznego zwalczania, a masowe naloty wskazują na konieczność wykonania zabiegów chemicznych w oparciu o analizę obecności jaj i wylęgających się gąsienic.
	faza wiechowania (BBCH 51–59)	Obserwacje na obecność złóż jaj prowadzić przeglądając od połowy czerwca dwa razy w tygodniu co najmniej po 50 kolejnych roślin w rzędzie w 4 miejscach plantacji po przekątnej (razem 200 roślin). Stwierdzenie pierwszych złóż jest sygnałem do natychmiastowego wyłożenia biopreparatu. Obecność dużej liczby jaj wskazuje na konieczność wykonania w ciągu 4–10 dni zabiegu chemicznego zwalczania. Dobrym rozwiązaniem jest oznaczenie analizowanych roślin zawierających jaja szkodnika i każdorazowe obserwowanie ich rozwoju.
	dojrzałość woskowa ziarniaków (BBCH 85)	Aby wyliczyć procent roślin uszkodzonych przez gąsienice należy przeglądać na powierzchni 1 ha minimum po 100 kolejnych roślin w rzędzie w 4 miejscach plantacji po przekątnej notując liczbę roślin z objawami żerowania szkodnika. Wraz z każdym kolejnym hektarem zwiększyć liczbę analizowanych roślin o 100 sztuk.
Pędraki	przed siewem (BBCH 00)	Przesiać glebę z dołków o wymiarach 25 × 25 cm i głębokości 30 cm. Na 1 ha uprawy kukurydzy wykonać co najmniej 32 odkrywki glebowe w równych odstępach. Wraz z każdym kolejnym hektarem liczbę odkrywek należy zwiększać o 2 sztuki. Określić liczbę pędraków.

Piętnówki	od mlecznej do pełnej dojrzałości ziarniaków (BBCH 73–85)	Na powierzchni 1 ha przeglądać po 50 kolejnych roślin i kolb w 4 miejscach plantacji po przekątnej pola (razem 200 roślin) w poszukiwaniu gąsienic. Wraz z każdym kolejnym hektarem zwiększyć liczbę analizowanych roślin o 50 sztuk.
Ploniarka zbożówka	faza 1–3 liści (BBCH 11–13)	Obserwacje na obecność jaj prowadzić pobierając po 5 roślin w 10 miejscach plantacji po przekątnej (razem 50 roślin). Analizę wykonywać dwa razy w tygodniu. Jeśli stwierdzi się 5 lub więcej jaj na 10 roślin zabieg ochrony roślin będzie uzasadniony. Za pomocą żółtych, białych lub fioletowych naczyń wypełnionych wodą z detergentem ustawianych w pasie brzeżnym w liczbie 1–2 szt./ha monitorować nalot muchówek. Podobny efekt daje użycie żółtych tablic lepowych w liczbie 1–2 szt./1 ha.
	faza 8–9 liści (BBCH 18–19)	Aby obliczyć procent roślin uszkodzonych należy przeglądać na powierzchni 1 ha co najmniej po 50 kolejnych roślin w rzędzie w czterech miejscach plantacji (razem 200 roślin). Z każdym kolejnym hektarem liczbę roślin zwiększać o 10 sztuk.
Rolnice	przed siewem (BBCH 00)	Przesiać glebę z dołków o wymiarach 100 × 100 cm i głębokości 30 cm. Na 1 ha uprawy kukurydzy wykonać co najmniej 2 odkrywki glebowe. Wraz z każdym kolejnym hektarem liczbę odkrywek należy zwiększać o 2 o wymiarach 25 × 25 cm i głębokości 30 cm. Określić liczbę rolnic.
	od 3–9 liści do woskowej dojrzałości ziarna (BBCH 13–85)	Do monitorowania nalotu motyli poszczególnych gatunków rolnic w pasach brzeżnych zasiewu umieszczać pułapki feromonowe. Na powierzchni 1 ha zainstalować minimum 2 pułapki feromonowe w odległości jedna od drugiej co najmniej 50 metrów i sprawdzać je co najmniej raz w tygodniu. Wyraźny wzrost liczby motyli wskazuje na ryzyko licznego pojawu gąsienic.
	od 3–9 liści do fazy 2–3 kolanek (BBCH 13–19 do 32–33)	Na powierzchni 1 ha przeglądać po 50 kolejnych roślin w 4 miejscach plantacji po przekątnej pola (razem 200 roślin) w poszukiwaniu gąsienic. Wraz z każdym kolejnym hektarem zwiększyć liczbę analizowanych roślin o 50 sztuk. Stwierdzenie 1–2 gąsienic na 1 m^2 pola uzasadnia zabieg chemiczny.
	od mlecznej do pełnej dojrzałości ziarna (BBCH 73–85)	Na powierzchni 1 ha przeglądać po 50 kolejnych roślin i kolb w 4 miejscach plantacji po przekątnej pola (razem 200 roślin) w poszukiwaniu gąsienic. Wraz z każdym kolejnym hektarem zwiększyć liczbę analizowanych roślin o 50 sztuk.

Stonka kukurydziana	od 9 liści do fazy wiechowania (BBCH 19–59)	Na plantacjach prowadzonych w monokulturze, w celu określenia liczebności larw co tydzień pobierać po minimum 10 korzeni z otaczającą je glebą w pięciu miejscach plantacji po przekątnej (razem 50 roślin). Pomocne będzie zanurzanie korzeni wraz z glebą w wodzie z dodatkiem soli kuchennej, co spowoduje wypływanie larw ku powierzchni wody.
	faza 3-kolanka do fazy wiechowania (BBCH 33–51)	W celu obliczenia procentu roślin uszkodzonych przez larwy na powierzchni 1 ha kukurydzy uprawianej w monokulturze pobrać losowo po 10 korzeni w 10 miejscach zasiewu po przekątnej (razem 100 roślin) poszukując objawów żerowania szkodnika. Ocenę uszkodzenia sytemu korzeniowego wykonać za pomocą 6-stopniowej skali IOWA, gdzie stopień 1 – oznacza brak uszkodzeń, a stopień 6 – całkowite zniszczenie korzeni. Analizę zaleca się wykonać dwa razy w ciągu kolejnych 2 tygodni z uwagi na ewentualne szybkie wytwarzanie przez rośliny korzeni dodatkowych.
	od fazy 4-kolanka do końca wegetacji (BBCH 34–97)	W celu określenia liczebności chrząszczy na 1 ha uprawy zainstalować minimum 2 pułapki feromonowe w odległości jedna od drugiej co najmniej 50 m. Pułapki sprawdzać 2 razy w tygodniu, począwszy od lipca do października. Wraz z każdym kolejnym hektarem zwiększyć liczbę pułapek o 2 sztuki. Wyraźny wzrost liczby odławianych chrząszczy jest sygnałem do wykonania zabiegu chemicznego zwalczania. Od sierpnia dodatkowo zaleca się użyć pułapki pokarmowe zwabiające osobniki obojga płci. Obecność chrząszczy można wykryć także za pomocą jasnozielonych tablic lepowych montowanych na roślinach w liczbie 1–2 szt./1 ha.
Pozostałe gatunki	od siewu do zbioru plonu (BBCH 00–99)	W celu wykrycia liczebności i szkodliwości naziemnych gatunków szkodników na powierzchni 1 ha należy przynajmniej raz w tygodniu przeglądać po 100 kolejnych roślin w rzędzie w czterech miejscach plantacji (po przekątnej). Z każdym kolejnym hektarem liczbę roślin zwiększać o 50 sztuk. Pomocne będą także żółte tablice lepowe o nieseketywnym oddziaływaniu, a także niebieskie służące do wykrywania wciornastków do monitoringu. Stosuje się je w liczbie 1–2 szt./1 ha.

Źródło: Bereś i Mrówczyński (2013); Mrówczyński (2013); Bereś (2014b, 2016a)

Z chwilą wykrycia szkodników o dużym znaczeniu gospodarczym, decyzja o wykonaniu zabiegu chemicznego przeciwko nim powinna zostać podjęta na podstawie progów ekonomicznej szkodliwości. Próg szkodliwości to takie nasilenie szkodnika, przy którym wartość spodziewanej straty w plonie jest wyższa od łącznych kosztów zabiegów. Progi ekonomicznej szkodliwości agrofagów są jednym z najważniejszych, a zarazem najtrudniejszych do określenia aspektów chemicznej ochrony roślin. Wartości progu szkodliwości nie można traktować jednoznacznie. W zależności od fazy rozwoju rośliny, warunków klimatycznych czy występowania wrogów naturalnych, wartość progu może ulec zmianie (Bereś i Mrówczyński 2013). Progi ekonomicznej szkodliwości służą jedynie jako pomoc przy podejmowaniu decyzji, ale nie mogą być jedynym kryterium branym pod uwagę, gdyż równie ważne jest wieloletnie doświadczenie plantatora kukurydzy i jego wiedza praktyczna.

Aktualnie obowiązujące progi ekonomicznej szkodliwości stosuje się do sześciu szkodników pojawiających się w uprawach kukurydzy, a które zaprezentowano w tabeli 32.

Tabela 32. Progi ekonomicznej szkodliwości szkodników kukurydzy

Szkodnik	Termin obserwacji	Próg szkodliwości
Drutowce	przed siewem (BBCH 00)	2–8 larw na 1 m^2
Lenie	po wschodach (od BBCH 10)	10 larw na 1 m^2
Mszyce	od wiechowania (BBCH 51)	300 mszyc na 1 roślinie
Omacnica prosowianka	faza wiechowania (BBCH 51–59)	6–8 złóż jaj na 100 roślinach lub gdy w poprzednim roku było uszkodzone 15% roślin kukurydzy uprawianej na ziarno lub 30–40% uszkodzonych roślin uprawianych na kiszonkę i CCM
Ploniarka zbożówka	od wschodów do 4 liści (BBCH 10–14)	uszkodzenie 15% roślin w roku poprzednim
Rolnice	wschody (BBCH 10–14)	1 gąsienica na 2 m^2 pola
	stadium 5–6 liści (BBCH 15–16)	1–2 gąsienice po III wylince na 1 m^2 uprawy

Źródło: Bereś i Mrówczyński (2013)

4. SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI

Decyzje o potrzebie wykonania zabiegu biologicznego oraz chemicznego omacnicy prosowianki oraz stonki kukurydzianej można podeprzeć o komunikaty sygnalizacyjne podawane na następujących stronach internetowych:

Fot. 46. Żółta tablica lepowa (fot. P. Bereś)

Fot. 47. Niebieska tablica lepowa (fot. P. Bereś)

Fot. 48. Pułapka feromonowa trójkątna (fot. P. Bereś)

Fot. 49. Pułapka świetlna o małej mocy (fot. P. Bereś)

– Internetowy System Sygnalizacji Agrofagów Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa – https://piorin.gov.pl/sygn/start.php,
– Platforma Sygnalizacji Agrofagów Instytutu Ochrony Roślin – PIB – http://www.agrofagi.com.pl,
– Sygnalizacja Agrofagów Instytutu Ochrony Roślin – PIB – http://stanfit.ior.agro.pl/szukaj/,
– omacnica prosowianka – http://www.omacnicaprosowianka.pl,
– strony internetowe wybranych Ośrodków Doradztwa Rolniczego.

5. CHEMICZNE METODY OCHRONY

Integrowana ochrona roślin dopuszcza stosowanie chemicznych środków ochrony roślin w momencie, kiedy inne metody niechemiczne okażą się niewystarczające dla skutecznego zabezpieczenia wysokości oraz jakości polonów kukurydzy (Bereś i Pruszyński 2008). Metoda chemiczna w kukurydzy obejmuje stosowanie zarówno zapraw nasiennych, jak również preparatów do opryskiwania roślin. Z punktu widzenia dbałości o środowisko, do ograniczania szkodliwości wczesnowiosennych szkodników zaleca się używanie zapraw nasiennych, których spektrum oddziaływania jest mniejsze niż preparatów aplikowanych nalistnie. Jest to związane z tym, że dawka substancji czynnej znajduje się na ściśle określonej powierzchni, którą jest okrywa owocowo-nasienna ziarniaka, a forma użytkowa zaprawy – FS (płynny koncentrat) zapewnia ścisłe przyleganie preparatu do ziarniaków (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013).

Zastosowanie ochrony chemicznej wymaga od plantatora kukurydzy dużej wiedzy nie tylko o zwalczanych gatunkach, ale także o zasadach działania insektycydów jakie wykorzystuje. Celem zastosowania preparatów w integrowanej ochronie roślin chemicznych nie jest bezwzględna walka z organizmami szkodliwymi, ale jedynie redukowanie ich liczebności do poziomu nie zagrażającego plonom. Niewielka obecność szkodników jest wręcz niezbędna dla utrzymania równowagi w agrocenozach m.in. z tego powodu, że są ważnym elementem łańcucha troficznego i od ich obecności zależy rozwój np. owadów pożytecznych. Ponadto słabsze uszkodzenie rośliny uprawnej przez niektóre gatunki może mieć wręcz korzystny efekt, gdyż indukowana jest w ten sposób naturalna odporność roślin (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013).

Decydując się na użycie preparatów chemicznych plantator kukurydzy musi pamiętać o tym, że:
– aparatura do aplikacji środków ochrony roślin musi być sprawna technicznie i atestowana;
– preparaty chemiczne powinny być stosowane w dawkach podanych w instrukcjach (gdy nie ma wyraźnego zapisu, stosowanie dawek obniżonych lub dzielonych odbywa się na odpowiedzialność rolnika);

– przy stosowaniu kilku zabiegów w sezonie wegetacyjnym należy rotować substancje czynne należące do różnych grup chemicznych;
– należy wybierać preparaty selektywne lub o niskiej toksyczności;
– termin zabiegu dobierać tak, aby nie powodować wysokiej śmiertelności owadów pożytecznych;
– podejmując decyzję o ochronie chemicznej należy uwzględniać próg ekonomicznej szkodliwości (jeżeli został ustalony);
– zwracać uwagę na toksyczność preparatów dla pszczół, na prewencję wyznaczoną dla tych owadów oraz na możliwość stosowania insektycydów na rośliny pokryte spadzią;
– przy gatunkach występujących placowo lub pasowo, należy ograniczyć zabieg chemiczny do tych miejsc (Bereś i Pruszyński 2008; Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013).

Z użyciem ochrony chemicznej ściśle wiąże się zapobieganie ryzyku powstawania odporności u zwalczanych szkodników na stosowane substancje czynne. Aktualnie w kukurydzy nie notuje się jeszcze tego problemu. Chcąc jednak zapobiec temu zjawisku należy:
– stosować rotację grup chemicznych;
– daną substancję chemiczną stosować tylko raz w sezonie wegetacyjnym;
– wybierać substancję czynną o najwyższej skuteczności;
– nie stosować wieloskładnikowych mieszanin insektycydów;
– preparaty stosować w zalecanych dawkach zgodnie z instrukcją stosowania;
– zabiegi wykonać sprawną aparaturą;
– w przypadku nieskuteczności zabiegu określić przyczyny takiego stanu rzeczy i w razie potrzeby powtórzyć zabieg wybierając środek z innej grupy chemicznej;
– jeżeli stwierdzono odporność na insektycyd nie stosować preparatów o podobnym mechanizmie działania;
– poinformować służby np. PIORiN o zaobserwowanej odporności szkodników na stosowany preparat (Bereś i Mrówczyński 2013; Mrówczyński 2013).

W aktualnych zaleceniach integrowanej ochrony kukurydzy przed szkodnikami preparaty chemiczne mogą być wykorzystywane do ograniczania szkodliwości następujących gatunków: ploniarka zbożówka, ptaki (odstraszanie), mszyce, omacnica prosowianka, chrząszcze stonki kukurydzianej oraz ślimaki nagich.

W chemicznej ochronie kukurydzy przed szkodnikami wykorzystuje się jedynie te preparaty, które zostały zarejestrowane do tego celu. Wykaz środków ulega sukcesywnym zmianom, stąd też na bieżąco należy sprawdzać strony internetowe Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz Zalecenia Ochrony Roślin

wydawane przez Instytut Ochrony Roślin – PIB, gdzie podawane są aktualne informacje z tego zakresu.

W tabelach 33. i 34. zaprezentowano obecnie zarejestrowane substancje czynne do ochrony kukurydzy przed szkodnikami, natomiast w tabeli 35. zamieszczono terminy, w których prowadzi się działania zwalczające z ich użyciem.

Tabela 33. Zaprawy nasienne do ochrony kukurydzy przed szkodnikami

Grupa chemiczna	Substancja czynna	Gatunki zwalczane	Optymalna temperatura działania
Ditiokarbaminiany	tiuram	ptaki – repelent	nie dotyczy
Dwutiokarbaminiany	ziram	ptaki – repelent	nie dotyczy
Karbaminiany	metiokarb	ploniarka zbożówka ptaki – repelent	nie dotyczy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rejestru środków ochrony roślin Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi – stan rejestru na grudzień 2016 roku

Tabela 34. Zoocydy do ochrony kukurydzy przed szkodnikami

Grupa chemiczna	Substancja czynna	Gatunki zwalczane	Optymalna temperatura działania
Aldehydy	metaldehyd	ślimaki nagie	niezależny
Chloronikotynyle + pyretroidy	tiachlopryd + deltametryna	omacnica prosowianka ploniarka zbożówka stonka kukurydziana	niezależny
Hydroidy	metoksyfenozyd	omacnica prosowianka	niezależny
Oksydiazyny	indoksakarb	omacnica prosowianka, stonka kukurydziana	niezależny
Pyretroidy	lambda-cyhalotryna	mszyce omacnica prosowianka ploniarka zbożówka	do 20°C

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rejestru środków ochrony roślin Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi – stan rejestru na grudzień 2016 roku

Tabela 35. Terminy chemicznego zwalczania szkodników kukurydzy

Szkodnik	Termin stosowania
Mszyce	zabieg wykonuje się w pierwszym szczycie liczebności mszyc, który najczęściej przypada w okresie wiechowania kukurydzy (połowa lipca)
Omacnica prosowianka	pierwszy zabieg przeprowadza się na początku licznych wylęgów gąsienic (koniec pierwszej lub początek drugiej dekady lipca). Podstawowy termin zwalczania masowo wylęgających się gąsienic przypada pod koniec drugiej lub na początku trzeciej dekady lipca. W rejonach mniej zagrożonych przez szkodnika wykonuje się tylko jeden zabieg w podstawowym terminie zwalczania
Ploniarka zbożówka	przy stosowaniu zaprawy nasiennej nanosi się ją bezpośrednio przed siewami. Zabieg opryskiwania roślin wykonuje się w fazie 2–3 liści właściwych kukurydzy
Ptaki (odstraszanie)	zaprawiać ziarno przed siewem
Stonka kukurydziana	zabiegi wykonuje się w okresie licznego pojawu chrząszczy (zwłaszcza zapłodnionych samic). Pierwsze opryskiwanie roślin należy wykonuje się w okresie od drugiej połowy lipca do połowy sierpnia, natomiast drugie (jeżeli będzie konieczne) przeprowadza się 7–14 dni później
Ślimaki nagie	granulaty stosować po siewie do początku wzrostu łodyg

Źródło: Opracowanie własne na podstawie instrucji stosowania zoocydów oraz Bereś i Mrówczyński (2013)

Fot. 50. Ochrona chemiczna kukurydzy wymaga użycia specjalistycznych opryskiwaczy (fot. P. Bereś)

VIII. SZKODNIKI MAGAZYNOWE I OGRANICZANIE STRAT PRZEZ NIE POWODOWANYCH

Ziarno kukurydzy jest zasiedlane i uszkadzane przez te same gatunki szkodników magazynowych, które występują w magazynach zbożowych. Niektóre z nich stanowią poważne zagrożenie dla zgromadzonego surowca – są źródłem strat nie tylko ilościowych, ale przede wszystkim jakościowych. Najważniejsze z nich to roztocze (Acari) i owady (Insecta), wśród których największe znaczenie mają chrząszcze (Coleoptera) i motyle (Lepidoptera). Szkody w magazynach z ziarnem kukurydzy powodują także gryzonie i w niewielkim stopniu ptaki. Te dwie grupy szkodników stwarzają dodatkowo zagrożenie sanitarne.

Spośród roztoczy sprawcami strat w składowanym ziarnie kukurydzy mogą być: rozkruszek mączny (*Acarus siro* L.), rozkruszek polowo-magazynowy (*Acarus farris* Oudemans), rozkruszek wydłużony (*Tyrophagus longior* Gervais), roztoczek owłosiony (*Glycyphagus destructor* Schrank) i roztoczek domowy (*Glycyphagus destructor* De Geer). Spośród owadów straty w magazynach z ziarnem kukurydzy mogą powodować chrząszcze (wołek kukurydzowy (*Sitophilus seamays* Motsch), wołek zbożowy (*Sitophilus granarius* L.), wołek ryżowy (*Sitophilus oryzae* L.), kapturnik zbożowiec (*Rhizopertha dominica* F.), kapturnik olbrzymek (*Prostephanus truncatus* Horn.), trojszyk ulec (*Tribolium confusum* Duv.), trojszyk gryzący (*Tribolium castaneum* Herbst), kobielatka kawowa (*Araeocerus fasciculatus* Deg.), mącznik młynarek (*Tenebrio molitor* L.), przykrótek półskrzydły (*Carpophilus hemipterus* L.), rozpłaszczyk rdzawy (*Cryptolestes ferrugineus* Steph.), skórek zbożowy (*Trogoderma granarium* Ev.), *Trogoderma variabile*, *Typhaea stercorea*, ukrytek mauretański (*Tenebrioides mauritanicus* L.), spichrzel surynamski (*Oryzaephilus surinamensis* L.), żywiak chlebowiec (*Stegobium paniceum* L.) i motyle (mklik mączny (*Anagasta kühniella* Zeller), omacnica spichrzanka (*Plodia interpunctella* Hübner), mklik daktylowiec (*Cadra cautella* Wlk.), omacnica ryżanka (*Corcyra cephalonica* Staint) i skośnik zbożowiaczek (*Sitotroga cerealella* Ol.) (Sandner 1961; Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004). Niektóre gatunki spośród owadów magazynowych, jak np. przykrótek półskrzydły (*C. hemipterus* L.), skórek zbożowy (*T. granarium* Ev.), kapturnik olbrzymek (*P. truncatus* Horn.), kobielatka kawowa (*A. fasciculatus* Deg.), mklik daktylowiec (*C. cautella* Wlk.) czy omacnica ryżanka (*C. cephalonica* Staint), to szkodniki typowe dla klimatu gorącego i obce w naszej faunie. Do Polski trafiają wraz z importowanym surowcem (CABI 2016; Głowaciński i wsp. 2016). Występują zwykle sporadycznie

i w niewielkiej liczbie. W niskich temperaturach słabo rozwijają się i zwykle nie przeżywają okresów chłodnych (jesień, zima), szczególnie w nieogrzewanych magazynach.

W przypadku chrząszczy szkody w większości przypadków powodują zarówno larwy, jak i dorosłe, a w przypadku motyli sprawcami strat są tylko larwy. W Polsce największe zagrożenie dla magazynowanego ziarna kukurydzy stanowią wołki. Należy jednak spodziewać się, że w przypadku dalszego występowania stosunkowo ciepłych zim, może wzrosnąć zagrożenie ze strony innych gatunków owadów magazynowych, w szczególności ze strony kapturnika zbożowca (*R. dominica* F.).

Roztocze i owady magazynowe zanieczyszczają zmagazynowane ziarno kukurydzy odchodami, wydzielinami (feromony, substancje olejowe, i inne), wylinkami, włoskami i szczecinkami, przędzą, martwymi osobnikami, itp. Zanieczyszczenia te mają bezpośrednie przełożenie na bezpieczeństwo samego surowca jak i otrzymywanej z niego paszy, czy produktów żywnościowych. Usunięcie ich może być bardzo trudne, a w niektórych przypadkach nawet niemożliwe. Na przykład jaja, larwy i młode chrząszcze wołków, czy larwy kapturników znajdują się wewnątrz ziarniaków i w trakcie przemiału trwale zanieczyszczają otrzymywaną mąkę. Zanieczyszczenia pozostawiane przez roztocze i owady magazynowe mogą być przyczyną poważnych chorób ludzi i zwierząt, a szczególnie różnych postaci alergii (zapalenie śluzówki układu pokarmowego, zapalenie śluzówki oczu, itp.) (Wegner 2002; Brewczyński 2006).

Znaczące straty w przechowywanym ziarnie kukurydzy mogą powodować gryzonie, głównie myszy (*Mus* spp.) i szczury (*Rattus* spp.), które w okresie jesieni i zimy częściej przedostają się do magazynów w poszukiwaniu schronienia i pożywienia (Olejarski 2008). W mniejszym stopniu straty w magazynach powodują także ptaki, które mogą wlatywać do wnętrza obiektów przez nieszczelności lub otwarte, czy niezabezpieczone drzwi, okna i otwory wentylacyjne. Łatwo je wykryć w trakcie lustracji pomieszczeń magazynowych. Źle znoszą zamkniętą i ograniczoną przestrzeń, są zwykle wystraszone, chaotycznie latają obijając się o wnętrza próbując wydostać się na zewnątrz.

Koty pomimo iż są sprzymierzeńcami człowieka w walce z gryzoniami, nie powinny być wpuszczane do pomieszczeń magazynowych. Wprawdzie nie zjadają ziarna, ale rozdeptują i rozsypują je, zanieczyszczają sierścią i odchodami oraz pozostawiają po sobie specyficzny „koci" zapach. Mogą też przenosić szkodniki magazynowe, a nawet pasożyty i zarazki chorobotwórcze niebezpieczne dla człowieka. Ich obecność wyzwala zwiększoną czujność u gryzoni.

Poza szkodnikami, źródłem poważnych strat w magazynowanym ziarnie kukurydzy może być mikroflora bakteryjno-grzybowa. Szczególnie niebezpieczne są grzyby pleśniowe, które porażają ziarno jeszcze w czasie wegetacji polowej (zwiększone zagrożenie w latach o większej ilości opadów), pogarszając jakość

ziarna i utrudniając jego późniejsze przechowywanie (Sinha i Watters 1985a, b; Trojanowska 2002). Zły stan techniczny obiektów i niewłaściwe warunki przechowywania sprzyjają rozwojowi szkodliwej mikroflory, której obecność może oddziaływać wabiąca na niektóre szkodniki magazynowe i może być dla nich dodatkowym źródłem pożywienia (Mills 1989; Olejarski i wsp. 2010).

Rozwój szkodliwej mikroflory, szczególnie grzybowej, prowadzi do szybkiego psucia się surowca. Następują w nim niekorzystne przemiany biochemiczne i dochodzi do trwałego skażenia produktami przemiany materii grzybów, czyli mikotoksynami. Mogą być one przyczyną poważnych chorób, a nawet śmierci ludzi i zwierząt (Trojanowska 2002). W zapleśniałych ziarniakach nieodwracalnemu uszkodzeniu ulega zwykle zarodek, co w efekcie skutkuje obniżeniem wartości siewnej składowanego surowca, nawet do całkowitej jego dyskwalifikacji. Zapleśniałe ziarniaki nie nadają się ani na paszę, ani do przetwórstwa spożywczego. Z czasem magazynowane ziarno nabiera specyficznego zatęchłego, grzybowego zapachu. Zapach ten wyczuwalny jest po wejściu do magazynu. W pleśniejącej warstwie ziarna wzrasta wilgotność. Porażone ziarniaki ulegają zbryleniu, zmienia się ich smak, zapach, a nawet kolor. Procesy zachodzące w pleśniejącej warstwie ziarniaków prowadzą do wzrostu temperatury, co przyspiesza procesy psucia się surowca i stwarza bardziej korzystne warunki do rozwoju wielu szkodników, szczególnie w okresach jesienno-zimowych chłodów. Szkodniki mogą przenosić zarodniki grzybów w inne, wolne jeszcze od infekcji miejsca, co w efekcie może przyczynić się do zwiększenia strat (Mills 1989; Wright 1991; Lamboni i Hell 2009; Hell i wsp. 2010; Olejarski i wsp. 2010).

Dla potrzeb zabezpieczenia wysokości oraz jakości zgromadzonego w magazynie ziarna niezmiernie ważne staje się odpowiednio wczesne wykrycie szkodliwych organizmów. Roztocze bardzo trudno wykryć, bo są niewielkich rozmiarów – znacznie poniżej 1 mm i z uwagi na dużą wrażliwość na niską wilgotność, ukrywają się głęboko w pryzmie. Stwierdza się je zwykle w trakcie badań laboratoryjnych, podczas sprzedaży surowca, co często jest powodem odmowy skupu. W handlu jak dotąd nie ma dostępnych żadnych urządzeń do ich wykrywania. W celu stwierdzenia ich obecności w magazynowanym ziarnie kukurydzy, niezbędne jest okresowe pobieranie prób ziarna do badań laboratoryjnych (Hagstrum i Subramanyan 2006; Hagstrum i wsp. 2012). Próbobrania najlepiej zlecić kwalifikowanym próbobiorcom. Pośrednio o obecności roztoczy może świadczyć charakterystyczny zapach powietrza w magazynie.

Owady (chrząszcze i motyle) są większe od roztoczy i znacznie łatwiej je wykryć. Chrząszcze unikają miejsc oświetlonych i niechętnie wychodzą na powierzchnię pryzmy. Motyle kryją się w ustronnych, nieoświetlonych miejscach, w szczelinach, pęknięciach ścian i niechętnie latają. Większą aktywność wykazują zwykle samce poszukujące samic. Owady można wykryć w trakcie lustracji

magazynu i zgromadzonego surowca, po śladach jakie pozostawiają, takich jak np. wygryzione bądź dodatkowo posklejane przędzą ziarniaki, czy widoczne na powierzchni pryzmy wylinki. Rzadko widoczne są chrząszcze i ich larwy, częściej natomiast zauważyć można larwy motyli. Ponadto w celu wykrycia owadów magazynowych, powinno się okresowo pobierać próby do szczegółowych badań. Można je zlecić odpowiednim firmom lub wykonać we własnym zakresie. W tym celu z pryzmy pobiera się próby i przesiewa na sitach o oczkach nieznacznie mniejszych niż ziarniaki. Następnie niezależnie przegląda się odsiane ziarniaki na obecność uszkodzeń, a przesiew na obecność śladów szkodników (wylinki, fragmenty ciał, żywe i martwe szkodniki, itp.) (Hagstrum i Subramanyan 2006; Olejarski 2010a).

Obecność gryzoni w magazynach można stwierdzić pośrednio po uszkodzeniach, tłustych plamach jakie pozostawiają na ścianach przylegających do tras ich wędrówek, licznych grudkach kału pozostawianych na ścieżkach i w miejscach żerowania (większe pozostawiają szczury, mniejsze myszy) oraz intensywnym zapachu moczu. Ślady moczu można wykryć używając specjalnych lamp UV. W obiektach, w których występują gryzonie, wyczuwalny jest charakterystyczny tzw. mysi zapach (Mallis 2004).

1. NAJWAŻNIEJSZE GATUNKI SZKODNIKÓW MAGAZYNOWYCH

Roztocze – roztocze magazynowe to stawonogi z gromady pajęczaków. W magazynach występują głównie gatunki z rodzin rozkruszkowatych (*Acaridae*) i roztoczkowatych (*Glycyphagidae*) (Gołębiowska i Nawrot 1976). Są to najmniejsze szkodniki magazynowe, ale mogą powodować znaczące straty, uszkadzają przede wszystkim zarodek, a w dalszej kolejności wewnętrzne struktury ziarniaków. Dorosłe osobniki osiągają 0,4–0,8 mm długości i mają owalne ciała, przeważnie barwy mlecznobiałej lub brudnobiałej, z ciemniej zabarwioną gnatosomą i odnóżami. Ciało roztoczy porastają liczne włoski i szczecinki różnej długości, które bardzo łatwo obłamują się. Dorosłe osobniki mają 4 pary odnóży, co odróżnia je od owadów, które mają tylko 3 pary odnóży. Ze względu na niewielkie rozmiary, szkodniki te trudno wykryć, a ich obecność często stwierdza się dopiero w badaniach mikroskopowych. Roztocze są wytrzymałe na głód i niską temperaturę, co pozwala im przetrwać niekorzystne warunki nawet przez wiele miesięcy. Są jednak bardzo wrażliwe na niską wilgotność i najczęściej zasiedlają głębsze partie pryzmy ziarna. W wysokiej temperaturze i przy niskiej wilgotności zazwyczaj szybko giną. Liczba pokoleń w roku jest ściśle uzależniona od panujących warunków. Przy dużej liczebności roztoczy (kilkaset osobników w 1 kg surowca) po wejściu do magazynu można wyczuć charakterystyczny zapach pochodzący od wydzielin gruczołów znajdujących się ciałach tych szkodników. Zapach ten wskazuje, że surowiec jest już w znacznym stopniu opanowany przez roztocze, co oznacza poważne problemy (Gołębiowska i Nawrot 1976; Boczek i Czajkowska 2003; Mallis 2004; Boczek i Błaszak 2005).

Chrząszcze – chrząszcze magazynowe są ciemno ubarwione, zwykle mają kolor brązowy (np. trojszyk ulec – *T. confusum* Duv.), czerwono-brązowy (np. kapturnik zbożowiec – *R. dominica* F.) i czarny (np. wołek zbożowy – *S. granarius* L.). Niektóre gatunki są bardziej kolorowe brązowo-czarno-żółte (np. przykrótek półskrzydły – *C. hemipterus* L.). Chrząszcze większości gatunków osiągają 3–5 mm długości, chociaż są także gatunki znacznie większe, osiągające 15–25 mm. Larwy mają zazwyczaj kilka mm długości, tylko nieliczne osiągają ponad 25 mm, są zwykle białe, biało-żółte, żółto-brązowe, żółte, czy brązowe, z brązową główką. Ich ciała pokrywają włoski i szczecinki, których długość i ilość jest cechą gatunkową. Płodność samic wynosi zwykle kilkaset jaj. Większość larw i stadiów dorosłych chrząszczy żeruje i rozwija się od jaja do postaci dorosłej na zewnątrz ziarniaków, wyjątek stanowią wołki, których samice składają jaja do ich wnętrza. Wiele szkodliwych gatunków chrząszczy magazynowych wydaje w ciągu roku, w nieogrzewanych magazynach jedno lub dwa pokolenia potomne. Chrząszcze i ich larwy są bardzo mobilne, mogą występować w całej masie zmagazynowanego ziarna, często jednak gromadzą się tylko w określonych miejscach. Niektóre z nich mają dobrze rozwinięte skrzydła lotne i dobrze latają, przemieszczając się z miejsca na miejsce (np. wołek kukurydzowy – *S. zea-mays* Motsch i ryżowy – *S. oryzae* L., *Trogoderma variabile*) (Sandner 1961; Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004). W przypadku chrząszczy szkody wyrządzają zarówno osobniki dorosłe, jak i larwy. Większość szkodników uszkadza w pierwszej kolejności zarodek ziarna – najbardziej zasobny w składniki pokarmowe, najbardziej uwilgotniony, najdelikatniejszy, a więc najłatwiejszy do żerowania. W trakcie żerowania chrząszczy i larw powstaje duża ilość pyłu, który razem z odchodami stopniowo wypełnia wolne przestrzenie międzyziarnowe. Utrudnia to swobodny przepływ powietrza przez pryzmę ziarna i prowadzi do lokalnego wzrostu wilgotności surowca. W miejscach, w których gromadzą się licznie szkodniki, może dochodzić do znacznego wzrostu wilgotności i temperatury oraz zjawiska tzw. samozagrzewania się ziarna. Spośród występujących w magazynowanym ziarnie kukurydzy chrząszczy, w Polsce największe zagrożenie stanowią wołki i kapturnik zbożowiec (*R. dominica* F.), które żerują na całych, zdrowych i suchych ziarniakach; są to szkodniki pierwotne (primery pest). Pozostałe gatunki (np. trojszyki, spichrzele) mają mniejsze znaczenie i żerują zwykle na surowcu uszkodzonym wcześniej mechanicznie lub przez inne szkodniki; są to szkodniki wtórne (secondary pest). Cześć z gatunków żeruje na psującym się surowcu, żywiąc się pleśniami (np. *T. stercorea*). Poszczególne gatunki owadów magazynowych wprawdzie preferują określone produkty, jednak są

polifagami i w krótkim czasie potrafią zaadaptować się do żerowania na innych surowcach (Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004).

Trzy najgroźniejsze gatunki wołków to: wołek zbożowy (*S. granarius* L.) – bardzo powszechny w magazynach i dobrze zaadoptowany do życia w naszym klimacie, wołek kukurydzowy (*S. zea-mays* Motsch.) – powszechny w magazynach w naszym klimacie, chociaż preferujący nieco wyższe temperatury do rozwoju oraz wołek ryżowy (*S. oryzae* L.) – gatunek zdecydowanie ciepłolubny i zwykle zawlekany do Polski z importowanymi surowcami, przeżywa tylko w ogrzewanych magazynach. Wszystkie wołki żerują i uszkadzają ziarno zbóż. Wołek kukurydzowy szczególnie chętnie żeruje na ziarnie kukurydzy. W naszych warunkach klimatycznych występuje tylko w magazynach, ale w krajach o klimacie ciepłym i gorącym może zasiedlać kolby kukurydzy jeszcze w trakcie wegetacji polowej (Olejarski 2009).

Wołki łatwo rozpoznać po głowie wydłużonej w charakterystyczny ryjek, na końcu którego znajduje się silny, gryzący aparat gębowy umożliwiający żerowanie nawet na suchych i twardych ziarniakach. Dorosłe chrząszcze wołków mają ciało długości 3–5 mm. Występuje u nich dymorfizm płciowy – samice są nieco większe od samców. Chrząszcze wołka zbożowego (*S. granarius* L.) i kukurydzowego (*S. zea-mays*Motsch) są nieco większe niż wołka ryżowego (*S. oryzae* L.). Kolor chrząszczy zmienia się z wiekiem. Młode są jaśniejsze, w miarę upływu czasu stopniowo ciemnieją nabierając charakterystycznej dla danego gatunku barwy. Chrząszcze wołka kukurydzowego i ryżowego są czerwonawo-brązowe lub ciemnobrązowe z 4 rdzawymi plamkami na pokrywach (po 2 na każdej), które po połączeniu prostymi mniej więcej tworzą znak X. Chrząszcze obu tych gatunków mają rozwinięte skrzydła, które umożliwiają im przelatywanie na niewielkie odległości. Chrząszcze wołka zbożowego są barwy jasnobrązowej do prawie czarnej z połyskiem. Nie mają skrzydeł i nie latają, co może ułatwiać ich identyfikację. Są wytrzymałe na głód i w poszukiwaniu pokarmu i nowych miejsc do życia potrafią przechodzić na znaczne odległości (Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004).

Wołki mają bardzo podobny cykl rozwojowy, a cały rozwój od jaja, przez larwę do imago przebiega zawsze wewnątrz ziarniaków (tzw. ukryte zasiedlenie ziarna). Po kopulacji samica składa zwykle tylko jedno jajo (do ziarniaków kukurydzy, ze względu na ich wielkość, samice mogą złożyć więcej niż jedno jajo) do wygryzionego w ziarniaku kanału, który zakleja wydzielaną z pokładełka lepką substancją. Ten swego rodzaju korek niewidoczny gołym okiem, chroni jajo przed wypadnięciem z kanału, uszkodzeniem i wyschnięciem. Z jaja rozwija się beznoga larwa, która zjada znaczną część wnętrza ziarniaka. Po przepoczwarczeniu młody chrząszcz wygryza w okrywie owocowo-nasiennej duży, nieregularny otwór i wychodzi na zewnątrz. Rozwój szkodnika wewnątrz ziarniaków odbywa się zwykle bez wyraźnych oznak. Aby potwierdzić

obecność szkodnika (jaja, larwy, młode chrząszcze) wewnątrz ziarniaków trzeba wykonać odpowiednie badania laboratoryjne (np. barwienie w kwaśnej fuksynie według metody Frankenfelda-Harrisa, prześwietlanie promieniami Roentgena, itp.) (Sinha i Watters 1985b; Olejarski 2010a, b). Żerujące chrząszcze produkują dużą ilość pyłu i odchodów, część wysupłuje się z opuszczanych przez nie ziarniaków. Zanieczyszczenia te wypełniają przestwory międzyziarnowe, utrudniając swobodny przepływ powietrza przez pryzmę. Ponadto zawarte w tych zanieczyszczeniach związki tłuszczowe rozkładają się i powodują psucie się surowca. Żerowanie larw wołków może znacznie ograniczyć zdolność kiełkowania ziarniaków.

Rozwój wołków jest możliwy w temperaturze powyżej 15°C i wilgotności względnej powietrza 45–100%. W optymalnych do rozwoju warunkach (temperatura 26°C i wilgotność względna powietrza 70%) rozwój pokolenia potomnego wołka zbożowego może trwać około 27 dni, a wołka kukurydzowego i ryżowego około 35 dni. W niższych temperaturach znacznie się wydłuża. Granicznymi warunkami dla rozwoju larw szkodnika są: temperatura 15°C i wilgotność ziarna 12%. Długość życia chrząszczy wołków wynosi około 150 dni. Wołek kukurydzowy i ryżowy są mniej odporne na niskie temperatury niż wołek zbożowy. Chrząszcze omawianych gatunków wołków są odporne na długotrwały brak pożywienia. Unikają światła i zwykle kryją się w pryzmie ziarna w różnych jej miejscach. Chętniej przebywają w miejscach, w których ziarno ma wyższą wilgotność, często w miejscach, w których rozwijają się już grzyby pleśniowe. Samice wołków składają 150 i więcej jaj (Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004).

Chrząszcze wołków wydzielają feromon agregacyjny, w wyniku czego szkodniki skupiają się w większej liczebności w określonym miejscu. Prowadzi to do zagęszczenia populacji szkodnika, miejscowego wzrostu temperatury i wilgotności oraz ilości uszkodzeń. Zwiększa się też prawdopodobieństwo łączenia osobników w pary i wydania nowego pokolenia (Burkholder 1982; Olejarski 2009).W magazynach nie ogrzewanych szkodnik wydaje 2–3 pokolenia w ciągu roku, a w magazynach ogrzewanych znacznie więcej.

Kapturnik zbożowiec osiąga 2,5–3 mm długości i ma brunatno-czerwone ciało. Głowa z 10 członowymi czułkami, z których trzy ostatnie człony są trójkątne i tworzą piłkowaną do wewnątrz buławkę, schowana jest pod przedplecze. Ze złożonych jaj wylęgają się białe larwy, z brązową głową, hakiem na końcu odwłoka i delikatnym owłosieniem. Początkowo żerują w pyle wytworzonym przez dorosłe osobniki, po czym wgryzają się do wnętrza ziarniaków wyjadając całą ich zawartość. Jedna larwa może uszkodzić wiele ziarniaków. Larwy kapturników mają charakterystyczny wygląd, z mocno rozszerzonymi członami tułowiowymi i wciągniętą głową. Wewnątrz ziarniaków przechodzą cały rozwój do owada dorosłego. W optymalnych warunkach temperaturowych

(30–32°C) rozwój jednego pokolenia szkodnika trwa zaledwie 30 dni, a w niższych znacznie się wydłuża. Szkodnik nie rozwija się poniżej 17°C. W magazynach ogrzewanych wydaje do 5 pokoleń w roku. Chrząszcze żyją ponad 100 dni (Sandner 1961; Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004). Wprawdzie uważa się, że szkodnik ten w naszych warunkach może rozwijać się tylko w magazynach ogrzewanych, to jednak, jak wskazują obserwacje ostatnich lat, i przy dalszej tendencji do coraz cieplejszych jesieni i zim należy założyć, że szkodnik ten może w najbliższych latach stanowić poważne zagrożenie dla zmagazynowanego ziarna kukurydzy i zbóż.

Kapturnik olbrzymek (*P. truncatus* Horn.) osiąga 5–8 mm długości. Gatunek ten jest wrażliwy na niską temperaturę i rozwija się w zakresie 37–42°C. Do Polski zawlekany jest z importowanym ziarnem kukurydzy (Sandner 1961; Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004).

Trojszyki (*Tribolium* spp.) to rdzawo-brązowe chrząszcze długości do 5 mm. Mają skrzydła, ale praktycznie nie latają. Można je łatwo rozpoznać i odróżnić spośród innych szkodników magazynowych. Podrażnione wydzielają benzochinony (2-metylo-p-benzochinon i 2-etylo-p-benzochinon) – lotne związki o nieprzyjemnym ostrym zapachu i gorzkim smaku. Przy bardzo dużej liczebności chrząszczy zapach ten może pozostawać na trwałe w surowcu, a nawet przechodzić do gotowych produktów paszowych i spożywczych. Trojszyki mogą rozwijać się w bardzo niskiej wilgotności względnej powietrza. Nie są odporne na działanie niskich temperatur w dłuższym okresie czasu. Mogą jednak przetrwać okres zimy w nie ogrzewanych magazynach. Temperaturą krytyczną dla trojszyka ulca (*T. confusum* Duv.) jest 7°C. W sprzyjających warunkach w ciągu roku może pojawić się nawet kilka pokoleń potomnych. W magazynach nie ogrzewanych rozwijają się maksymalnie dwa pokolenia. Chrząszcze żyją około 2 lat (Sandner 1961; Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004).

Spichrzel surynamski (*O. surinamensis* L.) to brązowy lub ciemnobrązowy chrząszcz długości do 3,5 mm. Można go rozpoznać, oglądając przez szkło powiększające, po 6 wyraźnych ząbkach znajdujących się po każdej stronie przedplecza (środkowy fragment ciała). Chrząszcze mają skrzydła, ale nie latają. W magazynach nie ogrzewanych rozwijają się zwykle tylko dwa pokolenia potomne, a w sprzyjających warunkach temperaturowych, np. w magazynach ogrzewanych, nawet do kilkunastu. Chrząszcze żyją do 2 lat (Sandner 1961; Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004).

Skórek zbożowy (*T. granarium* Ev.) i *Trogoderma variabile* są podobne. Chrząszcze skórka są rdzawo-brunatne z nieregularnymi plamkami, a *Trogoderma variabile* czarno-brązowe lub czarne z 3 czerwono-brązowymi, złotymi lub szarymi, nieregularnymi liniami w poprzek pokryw. Są długości 1,5–3,0 mm. Chrząszcze skórka zbożowego (*T. granarium* Ev.) chociaż mają skrzydła nie latają, w przeciwieństwie do chrząszczy *Trogoderma variabile*. Larwy skórka zbożowego (*T. granarium* Ev.) są żółte, a *Trogoderma variabile* ciemnobrązowe. Ich ciała pokryte są licznymi szczecinkami, które łatwo odłamują się przy dotknięciu. Szkody powodują tylko żerujące larwy, które niszczą całkowicie ziarniaki. Przepoczwarczają się zawsze na powierzchni pryzmy ziarna. Odporne są na niską temperaturę. Larwy skórka zbożowego mogą przetrwać w odrętwieniu nawet minus 10°C. W temperaturze +15°C mogą przeżyć wiele miesięcy. Oba gatunki są bardzo odporne na niską wilgotność względną powietrza i brak pokarmu. W niesprzyjających warunkach mogą zapadać w diapauzę, czyli stan okresowego odrętwienia. W sprzyjających warunkach w ciągu roku może rozwinąć się u obu gatunków kilka pokoleń potomnych. Chrząszcze żyją krótko, do kilkunastu dni i zwykle nie pobierają pokarmu (Sandner 1961; Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004).

Motyle – motyle magazynowe, popularnie nazywane są molami. Skrzydła pierwszej pary motyli w większości przypadków są szaro ubarwione, z charakterystycznymi dla danego gatunku ciemniejszymi wzorami, z nielicznymi wyjątkami (np. u omacnicy spichrzanki – *P. interpunctella* Hübner, nasadowa część przednich skrzydeł jest żółtawa, pozostała zaś, mniej więcej połowa, jest charakterystycznie ciemnoczerwona lub ceglasta z szaro-niebieskimi poprzecznymi paskami). Motyle są znacznie większe niż chrząszcze. Omacnica ryżanka (*C. cephalonica* Staint) osiąga rozpiętość skrzydeł do 27 mm, mklik mączny (*A. kühniella* Zeller) do 25 mm, omacnica spichrzanka (*P. interpunctella* Hübner) i mklik daktylowiec (*C. cautella* Wlk.) do 18 mm, a skośnik zbożowiaczek (*S. cerealella* Ol.) do 16 mm. Dorosłe nie pobierają pokarmu i bezpośrednio nie są szkodliwe. W temperaturze pokojowej żyją zwykle kilkanaście dni, do kopulacji i złożenia jaj, po czym zamierają. Szkodliwe są tylko larwy, które dorastają u skośnika zbożowiaczka (*S. cerealella* Ol.) do 6 mm, u mklika daktylowca (*C. cautella* Wlk.) i omacnicy spichrzanki (*P. interpunctella* Hübner) do 12 mm, u omacnicy ryżanki (*C. cephalonica* Staint) do 18 mm i u mklika mącznego (*A. kühniella* Zeller) do 20 mm. Mają brązową główkę i są zwykle koloru białego lub mlecznożółtego, niekiedy z odcieniem, który może być różny, ponieważ zależy od przyjmowanego pokarmu. Ciało larw porastają delikatne włoski i szczecinki, których długość i ilość jest charakterystyczna dla danego gatunku. Ze względu na wielkość, larwy motyli przebywają tylko w wierzchniej warstwie pryzmy ziarna, zwykle na głębokości do kilkunastu cm, i w miejscach, gdzie ziarno jest mniej zbite. Młode, mniejsze wymiarowo larwy, mogą wchodzić nieco głębiej w pryzmę ziarna niż larwy dorosłe i większe. Są odporne na długotrwały brak pokarmu, a w niesprzyjających warunkach środowiskowych larwy niektórych gatunków (np. mklika mącznego – *A. kühniella* Zeller, omacnicy spichrzanki – *P. interpunctella* Hübner) mogą zapadać w diapauzę, która może trwać do kilku miesięcy. Larwy wygryzają ziarniaki i sklejają je lepką nitką,

którą nieustannie przędą. Warstwa ziarniaków zasiedlona przez larwy motyli ulega z czasem nawilżeniu i zbryleniu, co ogranicza swobodny przepływ powietrza. Na powierzchni pryzmy widoczne są początkowo pojedyncze, a później liczne nitki przędzy. Widoczne są także wylinki i odchody w posklejanych przędzą grudkach. Przy licznej obecności larw motyli magazynowych, wierzchnia warstwa pryzmy ziarna ulega zbryleniu i staje się trudno przepuszczalna dla powietrza i pary wodnej. Motyle ukrywają się w ustronnych miejscach, większą aktywność wykazują zwykle nocą. W magazynach nie ogrzewanych motyle dają zwykle 2–3 pokolenia potomne w roku, w ogrzewanych więcej (Sandner 1961; Gołębiowska i Nawrot 1976; Mallis 2004).

Gryzonie – gryzonie (myszy i szczury) są poważnymi szkodnikami, a ze względu na rozmiary ciał, jednymi z największych szkodników magazynowych. Zjadają znaczne ilości surowca, a jeszcze większe zanieczyszczają odchodami (kałem i moczem, które wydalają w znacznych ilościach), sierścią, krwią, itp. Żerując rozdeptują i rozrzucają ziarno, uszkadzają opakowania, elementy konstrukcyjne i infrastrukturę techniczną magazynów (instalację elektryczną, czujniki i urządzenia, itp.). Przez powstałe w ścianach magazynu uszkodzenia może wysypywać się ziarno, mogą też przedostawać się inne szkodniki (Olejarski 2008). Gryzonie są nie tylko szkodnikami magazynowymi, ale także sanitarnymi. Mogą przenosić groźne dla człowieka mikroorganizmy chorobotwórcze. Są gospodarzami arena- i hantawirusów wywołujących niebezpieczne gorączki krwotoczne i choroby układu oddechowego, w tym limfocytowe zapalenie opon mózgowych i splotów naczyniówkowych (choroba Amstronga-Walgrena), bakterii wywołujących ciężkie zatrucia pokarmowe *Yersinii* (choroba jersinioza); *salmonelli*, *Francisella tularensis* (choroba tularemia), *Listerii*, *Escherichia coli*, leptospiroz, a nawet bakterii wywołujących dżumę (*Yersinia pestis*). Gryzonie przenoszą groźne pierwotniaki, w tym jednokomórkowca *Toxoplasma gondii* wywołującego groźną, szczególnie dla kobiet w ciąży, toksoplazmozę, czy *Cryptosporidium parvum* wywołującego u człowieka chorobę układu pokarmowego – kryptosporydiozę. Przenoszą też groźne dla człowieka pasożyty (szczury nawet 13), w tym tasiemca karłowatego (*Hymenolepsis nana*). Myszy i szczury na sierści mogą przenosić roztocze i owady magazynowe (Ziętek i wsp. 2010; Dudek i Tryjanowski 2016).

Ptaki – ptaki (wróble, gołębie, kawki, i inne) są okazjonalnymi szkodnikami w magazynach z ziarnem kukurydzy. Po dostaniu się do wnętrza obiektów rozdziobują ziarno i zanieczyszczają je odchodami oraz piórami. Podobnie jak gryzonie, mogą być źródłem zagrożenia sanitarnego przenosząc pasożyty i zarazki chorobotwórcze niebezpieczne dla zwierząt hodowlanych i człowieka. Mogą przenosić także niektóre roztocze i owady magazynowe.

Fot. 51. Wołek kukurydzowy na ziarniaku kukurydzy (fot. P. Olejarski)

Fot. 52. Kapturnik zbożowiec żerujący na ziarnie kukurydzy (fot. P. Olejarski)

Fot. 53. Mklik mączny (fot. P. Olejarski)

Fot. 54. Omacnica spichrzanka (fot. P. Olejarski)

Fot. 55. Gąsienice motyli magazynowych (fot. P. Olejarski)

Fot. 56. Poczwarka i motyl skośnika zbożowiaczka (fot. P. Bereś)

Fot. 57. Ptaki rozdziobują ziarno i zanieczyszczają je odchodami oraz piórami (fot. P. Olejarski)

2. NIECHEMICZNE METODY OCHRONY

W przeciwieństwie do ochrony prowadzonej w warunkach polowych, specyfika magazynów sprawia, że nie można zastosować wielu z zasad, które określono w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin, a które odnoszą się bezpośrednio do upraw polowych (Rozporządzenie 2013a). W magazynach nie da się bowiem zastosować odpowiedniego płodozmianu, terminu siewu, odmiany, sadzenia, nawożenia czy nawadniania. Bardzo trudno także określić progi ekonomicznej szkodliwości agrofagów, co wynika m.in. z problemów szybkiego wykrywania szkodników, które dobrze ukrywają się w masie surowca i długo mogą pozostawać niezauważone. Ograniczona jest również możliwość dokładnego i stałego kontrolowania, zwykle dużej ilości ziarna zgromadzonego na stosunkowo niewielkiej powierzchni, w przeciwieństwie do upraw polowych, które znacznie łatwiej można zlustrować (obserwacje naziemne), wykorzystując do tego najnowszy sprzęt i obserwacje z powietrza (satelity, samoloty, wiatrakowce, drony, itp.).

W magazynach znacznie trudniej niż w warunkach polowych zastosować wszystkie niechemiczne, głównie prewencyjno-zapobiegawcze, metody

zwalczania i można je stosować tylko w ograniczonym zakresie (Hagstrum i Subramanyan 2006; Nawrot i Olejarski 2007; Olejarski i Ignatowicz 2011).

Metoda mechaniczna oparta jest na czyszczeniu ziarna i przemieszczaniu/przerzucaniu z jednego miejsca w drugie (np. z jednego silosu do drugiego). Czyszczenie może być realizowane przy pomocy różnych urządzeń czyszczących (mobilnych i stacjonarnych), które wchodzą w skład zespołu czyszczalni (sita, separatory, tryjery, żmijki, wialnie, aspiratory, itp.), co pozwala na oddzielenie od ziarna mniejszych i większych zanieczyszczeń, w tym mineralnych (pył, piasek, kamienie, itp.), organicznych (fragmenty roślin, nasiona chwastów, skleroty grzybów, roztocze i owady polowe oraz magazynowe, itp.), połamanych ziarniaków, pośladu. Przemieszczanie, czy przerzucanie ziarna, w przypadku niewielkich ilości, można wykonać ręcznie, przy pomocy np. szufli, a w przypadku większych, wykorzystując system transportowy magazynu. Dzięki tej czynności zleżałe ziarno zostaje wzruszone, zbrylenia zostają rozbite, obniża się jego wilgotność, niepokojone są szkodniki, część z nich zostaje mechanicznie uszkodzona, co prowadzi zwykle do zaburzeń w rozwoju, a nawet śmierci. Przerzucanie ziarna wykonywane zbyt często i zbyt energiczne może jednak prowadzić do uszkodzeń okrywy owocowo-nasiennej, co negatywnie odbija się na jakości surowca, szczególnie tego przeznaczonego do siewu (Hagstrum i Subramanyan 2006; Nawrot i Olejarski 2007; Olejarski i Ignatowicz 2011).

W magazynach z ziarnem kukurydzy zaleca się stosować różne pułapki chwytne. Celem takiego działania jest potwierdzenie braku lub obecności szkodników, a co za tym idzie składu gatunkowego, liczebności i stadiów rozwojowych. Pomocne jest to przy podejmowaniu decyzji o wykonania zabiegu zwalczania, wyborze najlepszej metody zwalczania i o ile to możliwe ustaleniu dróg przedostawania się szkodników do magazynu. Stosowanie pułapek ma istotne znaczenie w prawidłowym funkcjonowaniu integrowanej ochrony prowadzonej w magazynach. W wielu przypadkach łączą one w sobie zarówno działanie metody mechanicznej, fizycznej, biologicznej, a nawet chemicznej (Olejarski i Ignatowicz 2011).

W przypadku pułapek na szkodliwe owady magazynowe, metodę mechaniczną wykorzystano w pułapkach chwytnych stosowanych do wykrywania chrząszczy. Są to pułapki w kształcie długich rurek z perforowanymi ściankami lub pojemników o lejkowatych ściankach i perforowanych wieczkach (np. Probe Trap, Pitfall Trap, Pitfall Cone). Umieszcza się je w pryzmie zwykle krzyżowo, co kilka metrów i na różnej głębokości (także przy samej powierzchni pryzmy). Przez perforację (niewielkie otworki) do ich wnętrza wpadają szkodniki, a śliska powierzchnia wewnętrzna ścianek uniemożliwia im wydostanie się. Pułapki takie sprawdza się okresowo, zgodnie z zaleceniami producenta (Olejarski i Ignatowicz 2011). Na ilość „łapanych" w pułapkach szkodników mają wpływ panujące warunki temperatury i wilgotności. Owady przemieszczają się z miejsca na miejsce w poszukiwaniu bardziej korzystnych warunków do życia i rozwoju, dlatego w miejscach o bardziej sprzyjających warunkach „łapie" się ich zwykle więcej.

Wyniki pomiaru liczebności szkodników złapanych w pułapkach nie zawsze muszą oddawać rzeczywistą liczebność populacji i pomiary te należy traktować tylko jako pomocne. Mają jednak większą wykrywalność szkodników niż zwykłe sondowanie pryzmy/pobieranie prób ziarna do badań laboratoryjnych (Barak i Harein 1982; Mills 1989; Wilkin i Fleurat-Lessard 1991; Arbogast i wsp. 2004; Toews i Nanses 2012). W analizie uzyskanych obserwacji i wyników pomocne mogą być systemy wspomagania podejmowania decyzji, o ile zostały opracowane i wdrożone do praktyki (Flinn i wsp. 2007; Hagstrum i wsp. 2012).

Metodę mechaniczną, fizyczną i biologiczną wykorzystano w pułapkach chwytnych o płaskim dnie i perforowanych wieczkach (np. PC Floor Trap) oraz wykonanych z kartonu (np. Window Trap na trojszyki, Panko pułapka na trojszyki). Pułapki te stosowane są do wykrywania chrząszczy magazynowych i umieszcza się je na wolnych przestrzeniach magazynu, np. na podłodze, zazwyczaj krzyżowo i w odległości 4–5 m jedna od drugiej. W celu zwiększenia efektu wabienia umieszcza się w nich specjalny atraktant pokarmowy bądź feromonowy. Pułapki te również należy sprawdzać okresowo, zgodnie z zaleceniami producenta. Aby uniemożliwić szkodnikom ucieczkę z pułapek, umieszcza się w ich wnętrzu papier pokryty specjalnym klejem (Hagstrum i Subramanyan 2006; Olejarski i Ignatowicz 2011; Hagstrum i wsp. 2012).

Metodę fizyczną i biologiczną wykorzystano w pułapkach chwytnych feromonowych (np. Lejkowa pułapka na mkliki, Panko lejkowa pułapka na mkliki, SP Lokator Pułapka na mkliki, Panko pułapka na mkliki, Marker ephestia/plodia Ferolep, Marker ephestia/plodia Sens, Sens pułapka na mole spożywcze, Ferokap EP, i inne). Feromony stosowane w pułapkach nie są naturalnego pochodzenia, wytwarzane są na drodze syntez chemicznych. Pułapki te stosowane są głównie do wykrywania motyli magazynowych i umieszcza się je zwykle na wysokości do 2 m od pryzmy ziarna lub podłogi magazynu. Szczególnym rodzajem w tej grupie pułapek na motyle jest pułapka na mole Moth Suppression. Łączy ona w sobie zarówno zalety typowej pułapki feromonowej jak i pokarmowej (metoda biologiczna), dzięki czemu możliwe jest łapanie zarówno samic jak i samców szkodliwych motyli magazynowych. Jeżeli w magazynie nie ma częstej rotacji surowca, stosowanie takiej pułapki może w znacznym stopniu limitować populacje szkodliwych motyli. Powszechne stosowanie tej pułapki może jednak ograniczyć jej wysoka cena.

Pułapki chwytne na motyle magazynowe umieszcza się tak, aby możliwe było swobodne i niezaburzone rozchodzenie się feromonu w całym pomieszczeniu. Nie umieszcza się ich nad ciągami komunikacyjnym i blisko ścian, a także blisko otworów wentylacyjnych, drzwiowych i okiennych, aby nie zwabiały owadów z najbliższego otoczenia magazynu, ze środowiska naturalnego.

Metodę mechaniczną, fizyczną i chemiczną wykorzystano w pułapkach chwytnych na gryzonie. Pułapki te służą zarówno do wykrywania obecności tych szkodników, jak i do ich zwalczania. Praktyczne zastosowanie mają pułapki lepowe, żywołowne, potrzaskowe i tzw. karmniki deratyzacyjne. Pułapki na gryzonie

umieszcza się zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz magazynu. W bezpośrednim sąsiedztwie pryzmy ziarna kukurydzy należy stosować tylko lepy oraz pułapki żywołowne i potrzaskowe. Karmniki deratyzacyjne z rodentycydem umieszcza się na zewnątrz magazynu, co powinno zabezpieczyć przed ewentualnym zanieczyszczeniem składowanego ziarna. Zadaniem tych pułapek jest ograniczenie napływu gryzoni do wnętrza obiektu, szczególnie w okresach chłodnych (jesień i zima). Skuteczność pułapek chwytnych na gryzonie wewnątrz magazynu, w obecności dużej ilości atrakcyjnego składowanego pokarmu, jest zwykle znacznie ograniczona. W karmnikach deratyzacyjnych zamiast rodentycydu można tylko umieszczać atraktant pokarmowy i stosować w bezpośrednim sąsiedztwie surowca. Okresowa obserwacja stanu pobierania atraktanta pozwala na ustalenie, czy w obiekcie znajdują się gryzonie i czy należy podjąć stosowne zwalczanie. Podobnie jak inne pułapki, te na gryzonie także należy sprawdzać okresowo, zgodnie z zaleceniami producenta. W przypadku stosowania lepów, pułapki należy sprawdzać codziennie i usuwać złapane gryzonie. Ze względu na to, iż myszy i szczury stanowią zagrożenie sanitarne, przy dużej ilości odławianych osobników, zachodzi konieczność ich bezpiecznej utylizacji. Warto w tym celu podjąć współpracę z wyspecjalizowanymi jednostkami zajmującymi się utylizacją nieczystości i odpadów niebezpiecznych.

Szczegóły dotyczące sposobu umieszczania każdego typu pułapki, częstotliwości dokonywanych obserwacji i wymiany niektórych jej elementów (np. atraktanta, dyspensera feromonowego, wkładu lepowego, itp.), czy samej pułapki, podawane są w instrukcjach dołączanych przez producenta. Złapane w pułapkach szkodniki należy usunąć, oznaczyć i „trwale" wyeliminować, a wyniki obserwacji zapisać w dokumentacji magazynowej. Notatki takie są pomocne w podejmowaniu decyzji o wykonaniu np. zabiegu zwalczania szkodników. Identyfikację szkodników można wykonać we własnym zakresie lub zlecić doradcom rolnym, specjalistom ze szkół i uczelni rolniczych, z IOR – PIB, a także z PIORiN.

Wykorzystanie metody fizycznej w ochronie zmagazynowanego ziarna kukurydzy ogranicza się przede wszystkim do zastosowania wysokiej i niskiej temperatury. Zdecydowanie lepszy efekt roztoczo- i owadobójczy daje zastosowanie wysokiej temperatury, w której zachodzą nieodwracalne zmiany (denaturacja białek) w organizmach szkodników (roztoczy i owadów), szkodniki w krótkim czasie ulegają odwodnieniu i z czasem zamierają. Wysoka temperatura obniża wilgotność surowca, co nie sprzyja rozwojowi roztoczy i owadów magazynowych. Zbyt wysoka lub zbyt długo utrzymywana może jednak prowadzić do uszkodzeń ziarna kukurydzy, pogorszenia jakości technologicznej i siewnej. Uzyskanie wysokiej temperatury możliwe jest przy użyciu specjalnych suszarni stacjonarnych i mobilnych (Hagstrum i Subramanyan 2006; Olejarski i Ignatowicz 2011; Hagstrum i wsp. 2012).

Stosowanie wysokiej temperatury do wygrzewania pustych pomieszczeń magazynowych skutecznie zwalcza roztocze i owady magazynowe. Na skutek działania wysokiej temperatury dochodzi do nieodwracalnych zmian (denaturacji

białka) w organizmach tych szkodników. Dla zapewnienia wysokiej skuteczności termicznej deakaryzacji i dezynsekcji pustych pomieszczeń zaleca się utrzymywanie temperatury powyżej 45°C (najlepiej w przedziale 50–60°C) przez co najmniej 24–48 godz. Do wygrzewania służą specjalne urządzenia, które mogą być ustawiane wewnątrz traktowanych pomieszczeń (system ThermoNox® – grzejniki zasilane elektrycznością i dodatkowe wentylatory rozprowadzające równomiernie gorące powietrze w całym poddawanym zabiegowi pomieszczeniu) lub na zewnątrz (system Temp-Air® – nagrzewnice powietrza zasilane różnymi źródłami energii) (Ignatowicz i Olejarski 2007; Ignatowicz i Olejarski 2008; Hagstrum i wsp. 2012).

Gryzonie potrafią skutecznie unikać miejsc zbyt gorących i zbyt zimnych, przemieszczając się do obszarów bardziej sprzyjających przeżyciu. Zabiegi wygrzewania czy chłodzenia nie ograniczają ich liczebności. Mają raczej krótkotrwałe działanie odstraszające. Roztocze i owady są bardziej odporne na niską temperaturę niż wysoką, i przez stosunkowo długi czas mogą bez uszczerbku znosić jej działanie. Niskie temperatury nie działają na nie tak letalnie, jednak znacząco spowalniają ich rozwój, szczególnie po uzyskaniu tzw. temperatur progowych, a tym samym wpływają na ograniczenie ewentualnych strat. Owady są wrażliwe na zmiany temperatury i każda zmiana wpływa na tempo rozwoju populacji, płodność i przeżywalność poszczególnych stadiów rozwojowych i konkretnych osobników. Tak np. w temperaturze poniżej 15°C samice większości szkodliwych owadów magazynowych nie składają jaj. Zwykle też w temperaturze poniżej 15°C nie wylęgają się osobniki potomne, nawet jeśli jaja zostały złożone w wyższej temperaturze. Rozwój larw owadów w temperaturze 5–10°C jest bardzo powolny i niekiedy może prowadzić do śmierci. W temperaturze 21–29°C szkodniki mają sprzyjające warunki do rozwoju i w krótkim czasie stanowią poważne zagrożenie, o ile nie zostaną podjęte odpowiednie środki zaradcze (np. zwalczanie). Utrzymywanie niskiej temperatury składowanego surowca ma wiele zalet. Ograniczone jest zasiedlenie surowca przez szkodniki, spowolniony ich rozwój, utrudniona aklimatyzacja, co w efekcie prowadzić może do ich stopniowego zamierania. Jest to jedna z metod niechemicznej ochrony między innymi magazynowanego ziarna kukurydzy (Mullen i Arbogast 1984; Mason i wsp. 1995; Hagstrum i Subramanyan 2006; Hagstrum i wsp. 2012).

Obniżenie temperatury ziarna jest istotne, szczególnie w początkowym okresie po zbiorze, zmniejsza wydzielanie ciepła i hamuje niekorzystne przemiany mikrobiologiczne. Wzrost wilgotności i temperatury przyspiesza procesy oddychania ziarna, co powoduje wzrost jego temperatury stwarzając korzystne warunki do rozwoju mikroorganizmów i szkodników. Niska temperatura przy zachowaniu niskiej wilgotności surowca działa jak naturalny konserwant, uniemożliwiając rozwój szkodnikom (roztoczom i owadom), powstawanie zanieczyszczeń i eliminowana jest tym samym potrzeba stosowania chemicznych środków ochrony

roślin do zwalczania szkodników. Surowiec utrzymywany w niskiej temperaturze znacznie dłużej zachowuje swoje wysokie parametry jakościowe, konsumpcyjne, technologiczne i siewne (Burrell 1967; Mills 1989).

Obniżenie temperatury składowanego w magazynie ziarna można uzyskać stosując specjalne urządzenia do schładzania powietrza (np. Goldsaat®, Grainfrigor™, Tornum®, i inne). Mogą to być urządzenia stacjonarne i mobilne, które umożliwiają uzyskanie temperatury powietrza na poziomie 6–10°C przy niskiej relatywnie wilgotności wtłaczanego powietrza. Dzięki uzyskaniu takich parametrów praktycznie możliwe jest zahamowanie rozwoju szkodliwych roztoczy i owadów magazynowych (Hagstrum i wsp. 2012).

Jak wykazano w badaniach przeprowadzonych w Chorwacji utrzymywanie ziarna kukurydzy w temperaturze 6°C spowodowało 100% śmiertelność badanych szkodników – kapturnika zbożowego (*R. dominica* F.) w ciągu 33 dni, a wołka kukurydzowego (*S. oryzae* L.) w ciągu 43 dni (Salha i wsp. 2009).

Metoda biologiczna nie znalazła szerszego zastosowania w ograniczaniu liczebności populacji, czy zwalczaniu szkodników magazynowych. Wprowadzenie czynnika biologicznego (np. pasożyty, parazytoidy, biopreparaty, itp.) do magazynu z jednej strony ma bardzo powolne działanie, z drugiej powoduje dodatkowe zanieczyszczenie składowanego ziarna.

3. METODY OKREŚLANIA LICZEBNOŚCI I PROGI SZKODLIWOŚCI

W przypadku szkodników magazynowych, bardzo trudno jednoznacznie określić progi szkodliwości poszczególnych gatunków. Decydującym kryterium, które należy wziąć pod uwagę przy takiej próbie oszacowania jest czas i warunki przechowywania ziarna oraz tempo rozwoju danego gatunku. Ze względu jednak, że magazynowanie zwykle trwa wiele miesięcy, utrudniona jest dokładna kontrola całości składowanego surowca, próbobrania i monitoring obecności szkodników w pułapkach obarczone są znacznym błędem, a rozwój szkodników magazynowych, szczególnie roztoczy i owadów następuje bardzo szybko, to już pojedyncze osobniki stwarzają poważne i realne zagrożenie. Dlatego należałoby rozważyć konieczność przeprowadzenia zabiegów chemicznego zwalczania, bądź takiej zmiany warunków magazynowania, które ograniczyłyby rozwój organizmów szkodliwych, np. dosuszanie, czy schłodzenie ziarna kukurydzy do bezpiecznych zakresów (np. 5–10°C). O wykonaniu zabiegu chemicznego zwalczania można zadecydować na podstawie wyników reprezentatywnych próbobrań i oceny ilości szkodników „łapanych" w pułapkach. W przypadku takich groźnych szkodników jak wołki i kapturniki, przekroczenie liczebności 2 szkodników w kg ziarna może być podstawą do wykonania zabiegu zwalczania, przy określonych warunkach magazynowania (Meikle i wsp. 2000; Hagstrum i Subramanyan 2006; Hagstrum i wsp. 2012; Hagstrum i Flinn 2014).

Fot. 58. Pułapki na chrząszcze o płaskim dnie i perforowanym wieczku wykłada się na podłodze magazynu (fot. P. Olejarski)

Fot. 59. Do wykrywania motyli magazynowych stosuje się pułapki feromonowe (fot. P. Olejarski)

Fot. 60. Karmniki z rodentycydem umieszcza się na zewnątrz magazynu (fot. P. Olejarski)

4. CHEMICZNE METODY OCHRONY

Chemiczne środki ochrony roślin są w większości krajów podstawową zwalczania szkodników magazynowych. Jednak należy pamiętać, że utrzymywanie odpowiedniej wilgotności magazynowanego ziarna kukurydzy (poniżej 14,5%) oraz jego schładzanie i utrzymywanie w temperaturze poniżej 10°C jest najlepszą alternatywą dla metody chemicznej. Czynności te zapobiegają rozwojowi szkodników, pozwalają utrzymać wysokie parametry surowca i ograniczyć zużycia chemicznych środków ochrony roślin do minimum. Jeżeli jednak zaistnieje konieczność użycia środków chemicznych, należy wziąć pod uwagę przede wszystkim gatunek zwalczanego szkodnika/szkodników oraz czas i warunki magazynowania.

Aktualny rejestr oraz etykiety środków ochrony roślin publikowane są na stronie internetowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Chemiczne środki ochrony roślin nie są obojętne dla zdrowia ludzi i zwierząt oraz środowiska naturalnego, dlatego ich użycie powinno być zawsze rozważne i uzasadnione i należy je stosować zgodnie z zapisami podanymi w etykiecie. Wykonując zabiegi z użyciem chemicznych środków ochrony roślin należy zawsze stosować odpowiednie środki ochrony osobistej, o czym informują stosowne zapisy w etykietach poszczególnych środków. Stosując w ochronie zmagazynowanego ziarna kukurydzy chemiczne środki ochrony roślin należy pamiętać o odpowiedniej ich rotacji, rozumianej jako przemienne stosowanie preparatów w skład, których wchodzą substancje czynne z różnych grup chemicznych i o różnym mechanizmie działania (Ignatowicz i Olejarski 2011; Hagstrum i wsp. 2012; Olejarski 2013; Olejarski i Węgorek 2013).

IX. OGRANICZENIE STRAT POWODOWANYCH PRZEZ ZWIERZYNĘ ŁOWNĄ

Kukurydza jest rośliną narażoną na bardzo wysokie straty powodowane przez występujące w Polsce zwierzęta jeleniowate oraz dziki, praktycznie we wszystkich fazach rozwoju, a więc od kiełkowania aż do zamierania roślin. Szkody powodowane przez wymienione ssaki łowne powodowane są zarówno żerowaniem zwierząt na roślinach jak i tratowaniem ich oraz przenoszeniem chorób. Fazami, w których występuje największe zagrożenie uszkodzeń plantacji kukurydzy są fazy od 01 – początek pęcznienia ziarniaków do fazy 15 – 5 liści, a następnie od fazy 71 – rozwoju ziarniaków zawierających 16% suchej masy aż do fazy 89 BBCH – pełnej dojrzałości ziarniaków, kiedy zawierają one 65% suchej masy.

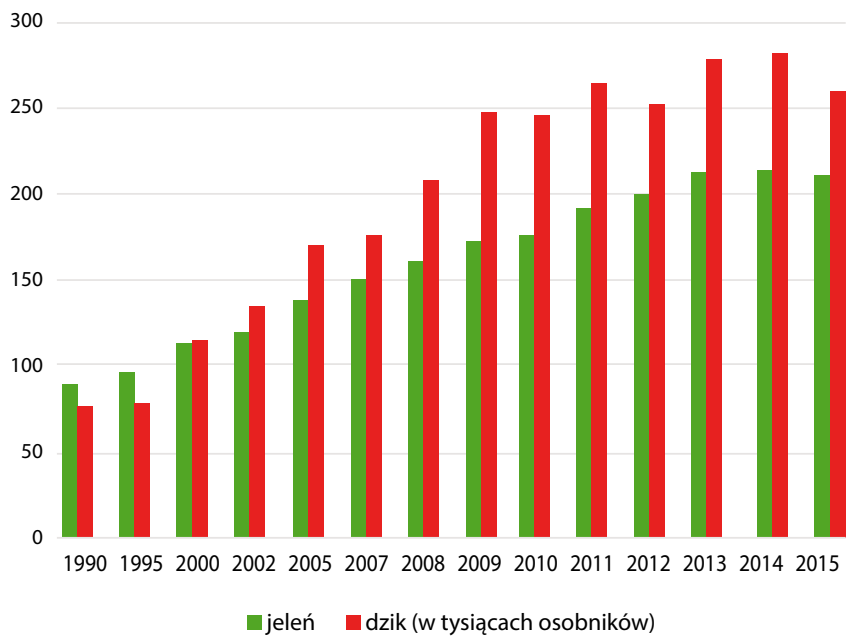
Spośród gatunków zwierząt łownych sprawcami szkód w uprawach kukurydzy są głównie dzik (*Sus strofa* L.) i jeleń szlachetny (*Cervus elaphus* L.) oraz, w mniejszym stopniu, sarna (*Capreolus capreolus* L.) i daniel (*Dama dama* L.). Kukurydza zwyczajna należy do traw z rodziny wiechlinowatych (*Poaceae*). W odróżnieniu jednak od większości gatunków tej rodziny, na przykład zbóż, nie posiada zdolności do krzewienia się. Liście asymilacyjne oraz merystem są najbardziej wrażliwe na uszkodzenia powodowane przez roślinożerców w młodych stadiach fenologicznego rozwoju roślin kukurydzy i przypuszczalnie ta cecha ma wpływ na to, że uszkodzenia nadziemnych części roślin kukurydzy w fazie wzrostu BBCH 15 do 34, mimo zdolności roślin do kompensacji uszkodzeń, powodują gorsze ich plonowanie i wzrost zachorowalności na niektóre choroby grzybowe. Spadek plonowania uszkodzonych roślin wiąże się prawdopodobnie z utratą powierzchni asymilacyjnej, co wpływa negatywnie na intensywności fotosyntezy, opóźnienia wzrostu roślin i w konsekwencji gorsze współzawodnictwa o dostęp do światła z innymi, nie uszkodzonymi roślinami. W przypadku roślin kukurydzy nie występuje więc zjawisko obserwowane przez innych autorów u innych gatunków traw, gdzie defoliacja spowodowana żerowaniem roślinożerców powodowała wzrost procesów fotosyntezy w nowych tkankach (Richards i Caldwell 1985). Podobne zjawisko adaptacji roślin tak zwany „compensatory growth" jako fizjologiczna odpowiedź na żerowanie dużych zwierząt roślinożernych opisywał McNaughton (1979, 1985). Również inni autorzy potwierdzają wzrost produkcji masy zielonej przez trawy, na których żerują duże ssaki kopytne (Knepp i wsp. 2005). U roślin kukurydzy w badaniach IOR – PIB w Poznaniu nie zaobserwowano zjawiska „compensatory growth".

Uszkodzenia roślin powodowane przez jeleniowate oraz dziki są rozległe, zmieniają morfologię roślin kukurydzy i narażają je na liczne stresy (Obrtel i Holisowa 1983). Autorka ta w badaniach nad symulacją uszkodzeń roślin kukurydzy analogicznych do powodowanych przez sarnę, stwierdziła mniejszy wzrost roślin, zmniejszenie plonowania kolb, ale również zwiększone porażenie roślin przez głownię guzowatą kukurydzy. Uszkodzenia mechaniczne tkanek roślin na skutek działania roślinożerców są znaną drogą do infekcji grzybowych, bakteryjnych i wirusowych. Wiele zwierząt przenosi mechanicznie wymienione organizmy chorobotwórcze i wirusy i służy jako ich wektory (Klepzig i wsp. 1991; Węgorek i wsp. 2014). W innych przypadkach zakażenie następuje bez bezpośredniego udziału zwierząt, a czynniki chorobotwórcze przenoszone są przez ruchy powietrza i wnikają przez zranienia spowodowane przez zwierzęta. W przypadku niewielkich uszkodzeń powodowanych przez owady, rośliny kukurydzy reagują wydzielaniem lotnych substancji, które służą pośrednio do obrony przed szkodnikami (Baldwin i Preston 1999). Rośliny kukurydzy uszkadzane przez roślinożerców wydzielają między innymi salicylan metylu – metabolit, który jest mediatorem sygnału immunologicznego przeciwko atakowi wirusów, bakterii i patogenicznych grzybów (Park i wsp. 2007). Rola metabolitów wtórnych w obronie biernej roślin kukurydzy przed atakiem ssaków roślinożernych jest słabo poznana. W ostatnich latach powstała koncepcyjna teoria nad innym mechanizmem obrony pośredniej roślin przeciwko roślinożercom łączącej mechanizmy fizjologiczne z teorią ekologicznych zmian w środowisku w kierunku korzystnym dla atakowanej rośliny. Jednym z przykładów pośredniego wpływania roślin kukurydzy na populację jeleniowatych i dzika w Polsce jest gwałtowny wzrost populacji wilka, który redukuje jeleniowate, a któremu wielkoobszarowe powierzchnie pól kukurydzy środowiskowo sprzyjają. Rośliny kukurydzy uszkadzane przez jeleniowate najczęściej przeżywają żerowanie. Zwierzęta zazwyczaj nie niszczą całej rośliny, zadowalając się kilkoma zgryzieniami liści. Rośliny kukurydzy w pewnym stopniu regenerują te uszkodzenia, są jednak mniejsze od roślin nieuszkodzonych, wolniej dojrzewają i gorzej plonują. Stwierdzone w badaniach IOR – PIB porażenie uszkodzonych roślin przez wybrane gatunki grzybów wskazuje na większą ich podatność na porażenie przez rdzę kukurydzy – common corn rust. Obserwacje wielu pól kukurydzy zarówno hodowlanych, jak i plantatorów indywidualnych wskazują na coraz większe znaczenie tej choroby w Polsce. Uszkodzenia kukurydzy powodowały opóźnienie ich dojrzewania, wydłużając okres wegetacji kukurydzy i zwiększały tym samym możliwości porażenia liści przez sprawcę rdzy kukurydzy. Analogiczna sytuacja dotyczy również grzyba powodującego głownię guzowatą kukurydzy. Uszkodzenie tkanek spowodowane przez zwierzęta ułatwia infekcję przez grzyby odpowiedzialne za rozwój żółtej plamistości liści. Tym bardziej, że choroba ta nabiera coraz większego znaczenia w Polsce z powodu zwiększania powierzchni zasiewów oraz uprawy kukurydzy w monokulturze (Korbas i wsp. 2015).

1. NAJWAŻNIEJSZE GATUNKI SZKODNIKÓW

Dzik – w ostatnich kilkunastu latach zwiększył znacznie liczebność populacji w całej Europie, a w Polsce populacja tego gatunku wynosi obecnie około 285 000 osobników (rys. 9). Inne źródła (Bobek i wsp. 2015) podają liczebność populacji dzika w Polsce na około 450 000.

Dzik występuje we wszystkich rejonach kraju, jednak największe zagęszczenia populacji występują w zachodniej części Polski, gdzie w wielu rejonach żyje średnio ponad 45 osobników na 1000 ha. Dziki w zależności od wieku mają bardzo zróżnicowaną wielkość i wagę – kilkuletnie samce osiągają masę 100–200 kg, a samice 70–110 kg. Są to z natury zwierzęta leśne, jednak potrafią adaptować się do różnych środowisk. Chętnie przebywają na terenach rolniczych, gdzie okresowo w łanach rzepaku, kukurydzy i innych zbóż znajdują spokój i pożywienie. Dzik jest bardzo plennym gatunkiem – samice rodzą najczęściej 5–8 młodych, którymi opiekują się aż do okresu ich dojrzałości, dzięki czemu przyrost liczebności populacji określa się na 70–170% rocznie. Ocieplenie klimatu w Polsce powoduje szybszy rozwój młodych dzików i przystępowanie do rozrodu już 7-miesięcznych samic. W ostatnich latach stwierdza się zmiany w biologii tego gatunku, polegające na całorocznym rozmnażaniu się dzika. Dzik żyje bądź w ugrupowaniach



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego

Rys. 9. Liczebność jelenia i dzika w Polsce w latach 1990–2016

rodzinnych, którym przywodzi doświadczona samica, bądź samotnie, ponieważ samce od 1,5 roku życia odłączają się od stada. Dzik jest aktywny głównie w nocy, natomiast w dzień chowa się w niedostępnych dla człowieka miejscach, którymi są leśne gęstwiny, trzcinowiska, bagnach, a także w głębi wielkoobszarowych łanów kukurydzy, rzepaku i innych roślin rolniczych dających dobrą osłonę. Jest zwierzęciem wszystkożernym, niemniej ze względu na dostępność pokarmu 80–90% zapotrzebowania dzika zaspokajają rośliny. Są to zarówno części zielone jak i korzenie, kłącza, bulwy, cebulki, owoce i nasiona. Znanym przysmakiem dzików w okresie jesieni i zimy są żołędzie i orzeszki buka. Również pokarm zwierzęcy jest bardzo chętnie pobierany przez dziki, to głównie larwy owadów: chrabąszczy – pędraki, motyli – rolnice, sprężyków – drutowce, a także larwy komarnic, leni i opuchlaków. Dzik zjada również dżdżownice, małe gryzonie z rodziny myszowatych, ślimaki, a także, okazjonalnie, młode zające i sarny. W czasie gradacji szkodników glebowych dzik znacznie ogranicza ich liczebność, zarówno w lasach jak i na użytkach rolniczych powodując w tych ostatnich szkody, głównie na skutek silnych poryć gruntu. Dzik często zmienia miejsce przebywania i miejsca żerowania. W nocy wędruje nieraz wiele kilometrów.

Sukces populacyjny dzika wiązany jest z kilkoma czynnikami, między innymi plastycznością ekologiczną gatunku, zmianami struktury zasiewów roślin rolniczych, proekologicznymi zmianami technologii produkcji roślin oraz systematycznym zalesianiem nieużytków. Duże znaczenie ma zdolność gatunku do zapamiętywania, uczenia się i nabywania umiejętności życia w nowych warunkach zmieniających się na skutek postępu cywilizacyjnego. W ostatnich latach zauważa się u omawianego gatunku silny synantropizm charakteryzujący się zmianami w zachowaniu polegającym na habituacji zapachu człowieka, utracie lęku przed pracującymi maszynami rolniczymi, leśnymi i samochodami, co generuje niebezpieczne sytuacje i wypadki komunikacyjne. Dziedziczenie cech związanych z synantropizmem oraz odpornością na repelenty zapachowe ma prawdopodobnie podłoże epigenetyczne.

Uszkodzenia kukurydzy wyrządzane przez dziki we wczesnych fazach (kiełkowanie, rozwój liści) są łatwe do rozpoznania. Pęczniejące i kiełkujące nasiona są wyorywane z gleby i zjadane, a młode rośliny wyciągane wraz z korzonkiem. W fazach rozwoju ziarniaków, dojrzewania i zamierania roślin, w niektórych przypadkach symptomy żerowania dzika można pomylić z symptomami żerowania zachodniej kukurydzianej stonki korzeniowej, której larwy powodują wyleganie dojrzałych roślin i larw omacnicy prosowianki żerujących w łodygach i powodujących ich łamliwość. O obecności dzików na uprawie świadczą połamane rośliny, nadgryzione i porzucone kolby, charakterystyczne tropy, liczne porycia gruntu i odchody. Bardzo silnie narażone na uszkodzenia wiosenne są uprawy kukurydzy uprawiane w systemie monokultur, ponieważ na takich polach przyorywane są resztki kolb i korzeni roślin z ubiegłego sezonu będące nie tylko przysmakiem dzików, ale powodujące gromadzenie się w pobliżu dżdżownic, rozmaitych

gatunków owadów i ich larw. Pozostawienie nie zaoranych ściernisk, brak podorywki, powoduje często szybkie zasiedlenie ich przez gryzonie polne – głównie norniki, które szybko się mnożą i również stanowią przysmak dzików. Silniej narażone na szkody od dzików są pola kukurydzy graniczące bezpośrednio z obszarami zalesionymi lub znajdujące się w niewielkiej odległości od powierzchni leśnych, trzcinowisk lub bagien, a także pola, które w okresie od kwietnia do lipca graniczą z polami rzepaku ozimego stanowiącymi w tym czasie miejsca ostojowe dzików. Przyzwyczajone do miejsc ostojowych i żerowych dziki niszczą rośliny kukurydzy aż do zbiorów, a następnie odwiedzają pola po kukurydzy w poszukiwaniu resztek roślin – przyoranych kolb lub ich fragmentów, nasion i larw owadów oraz dżdżownic żerujących na przyoranych resztkach roślin.

Jeleniowate – szkody powodowane przez jeleniowate również są łatwe do rozpoznania. W 90% są powodowane przez jelenia szlachetnego. Są to zgryzienia łodyg, pourywane i postrzępione liście, a w późniejszych fazach oberwane kolby. Jeleń, podobnie jak dzik, jest gatunkiem społecznym, żyjącym w ugrupowaniach stadnych. Podobnie jak w przypadku dzika, gatunek ten ma bardzo duże zdolności adaptacyjne, dzięki uwarunkowanym genetycznie zdolnościom indywidualnego nabywania doświadczeń, uczenia się, zapamiętywania i przekazywania doświadczeń na drodze epigenetycznej. Populacja jelenia w Polsce w ostatnich latach wzrosła i wynosi około 220 000 osobników (rys. 9). Samce osiągają wagę 150–250 kg, samice 80–120 kg. Samica, po trwającej 230–240 dni ciąży rodzi najczęściej 1 młode, w rzadkich wypadkach 2. Młode dojrzewają 2 lata. Szybki przyrost populacji jelenia obserwowany w Polsce wynika między innymi z tego, że dojrzałe samice rodzą rokrocznie młode. W trzecim roku życia młode samice rodzą kolejne pokolenia. I tak, w „reakcji łańcuchowej" liczebność tych zwierząt dynamicznie narasta. Jeleń jest gatunkiem wyłącznie roślinożernym, a jego zapotrzebowanie pokarmowe wynosi około 15 kg pokarmu na dobę. Akceptuje i trawi z łatwością pokarm suchy. Żeruje od zachodu słońca do jego wschodu, często na roślinach rolniczych, w tym bardzo często na uprawach kukurydzy. Szkody w kukurydzy powstają głównie w fazach wegetacji od rozwoju liści, przez rozwój źdźbła i trwają aż do zbiorów. Wielkoobszarowe pola kukurydzy jeleń traktuje jako okresowe miejsca ostojowe. Badania IOR – PIB wykazały, że wielkość uszkodzeń roślin powodowanych w uprawach kukurydzy przez żerowanie jelenia w fazach poprzedzających rozwój ziarniaków ma wpływ na dalszy rozwój roślin i wysokość plonowania kukurydzy. Rośliny, nawet nieznacznie uszkodzone mechanicznie przez zgryzanie liści i łodyg, wykazują wyższe porażenie przez sprawców głowni kukurydzy na kolbach i łodygach oraz przez sprawców rdzy kukurydzy (Korbas i wsp. 2016). Wielkość uszkodzeń roślin powodowanych w uprawach kukurydzy przez żerowanie jelenia ma wpływ na późniejsze dojrzewanie kolb. Rośliny silniej uszkodzone wytwarzają ich mniej, a waga kolb jest zdecydowanie niższa niż u roślin nieuszkodzonych.

Również liczebność populacji innych gatunków jeleniowatych, które uszkadzają w pewnym stopniu plantacje kukurydzy znacząco wzrosła w Polsce. Liczba osobników sarny oszacowana została na 561 000 osobników w roku 1990, a w roku 2012 Główny Urząd Statystyczny podał liczbę 829 000 osobników, natomiast liczebność daniela osiągnęła obecnie poziom powyżej 30 000 osobników w porównaniu do około 5 000 osobników w 1990 roku.

W zachodniej Polsce zagęszczenie populacji sarny jest najwyższe i wynosi w niektórych rejonach ponad 50 osobników/1000 ha pól. Ma to związek ze specyfiką zwyczajów pokarmowych tego gatunku. Sarna odżywia się tylko lekko strawnymi częściami roślin, świeżymi pędami, kiełkami, które od kwietnia do września znajduje na polach uprawnych. W zimie, podobnie jak jeleń, odżywia się chętnie rzepakiem ozimym. W krajobrazie rolniczym żyją ugrupowania tych zwierząt na stałe związane z polami – tak zwany ekotyp sarny polnej. Sarny leśne odżywiają się pączkami drzew i krzewów, przez co czynią duże szkody w młodych uprawach leśnych. Wielkość tych zwierząt jest znacznie mniejsza niż dzika czy jelenia. Samce osiągają około 18–26 kg, a samice 17–23 kg. Również ten gatunek wykazuje świetne przystosowanie do zmieniających się warunków środowiska. Sarna jest zwierzęciem terytorialnym i przy większym zagęszczeniu populacji tworzy na terenach otwartych stada liczące do kilkudziesięciu osobników. Ulubionym pokarmem sarny polnej jest rzepak, oziminy zbóż, w tym młode rośliny kukurydzy i rośliny strączkowe. Zapotrzebowanie pokarmowe sarny wynosi około 1,5–2,7 kg świeżej masy roślinnej dziennie. Samice rodzą rocznie 1 lub 2 młode, a przyrost populacji sarny w Polsce wynosi rocznie około 40%.

Populacja daniela w Polsce ma stałą, silną tendencję wzrostową. Największe zagęszczenie populacji daniela występuje w Wielkopolsce. Waga dorosłych samców wynosi około 70–100 kg, a samic 45–60 kg. Dzięki dużym zdolnościom adaptacyjnym gatunek ten przystosowuje się dobrze do różnych środowisk przyrodniczych. Typowym biotopem daniela jest rzadki las. Jest gatunkiem społecznym, tworzącym chmary rodzinne składające się w lasach z 4–6 osobników, natomiast na polach z 15–20 osobników. W okresie zimy mniejsze chmary łączą się w stada mogące liczyć nawet 150 osobników. Podobnie jak jeleń, odżywia się głównie trawami, krzewami, korą drzew oraz roślinami uprawnymi. Na uprawach kukurydzy powoduje często szkody zgryzając pędy i liście roślin. Samice, po ciąży trwającej 230 dni, rodzą w czerwcu 1 cielę w sezonie, a przyrost populacji wynosi w Polsce 30%. W naturze żyje około 10–12 lat. Żeruje zarówno w nocy, jak i za dnia. Na rozwój daniela wpływają przede wszystkim czynniki środowiskowe i klimatyczne. Ponieważ w Polsce sprzyjają one rozwojowi tego gatunku, jest on często introdukowany przez myśliwych. Bardzo mroźne zimy powodują upadki młodych, zwłaszcza chorych zwierząt, u których występują pasożyty. Liczebność populacji regulowana jest przez myśliwych.

Fot. 61. Dzik (fot. P. Bereś)

Fot. 62. Młode rośliny kukurydzy uszkodzone przez dzika (fot. P. Bereś)

Fot. 63. Rośliny kukurydzy wyłamane przez dziki (fot. P. Bereś)

2. NIECHEMICZNE METODY OCHRONY

Ochrona upraw kukurydzy przed dzikami i jeleniami w integrowanej technologii uprawy tej rośliny powinna rozpocząć się od właściwego wyboru stanowiska pod zasiewy. Należy unikać miejsc graniczących z kompleksami leśnymi, w których żyje liczna populacja dzika i jelenia. W miarę możliwości stosować ogrodzenia utrudniające ssakom kopytnym wejście na uprawę. W miarę możliwości należy unikać systemu monokultury, ponieważ takie pola bardziej narażone są na żerowanie dzików i jeleni pamiętających miejsca żerowe i przyzwyczajone do nich.

Przy ograniczaniu szkodliwości dzików bardzo ważna jest metoda mechaniczna, czyli stosowanie ogrodzeń, pastuchów elektrycznych, urządzeń dźwiękowych i oddziałujących światłem. Zmniejszenie szkód można uzyskać również przez zakładanie pasów żerowych, pozostawienie fragmentów pól kukurydzy w miejscach atrakcyjnych dla tych zwierząt, zapewniając w tych miejscach spokój zwierzętom przez wyłączenie ich z polowań. Dziki, mając atrakcyjny i łatwo dostępny pokarm w obrębie pasa żerowego lub pozostawionego fragmentu pola z kukurydzą, nie interesują się pozostałymi powierzchniami pola, na których pokarm jest trudno dostępny lub na których są widoczne dla potencjalnego wroga. Podane sposoby ograniczania szkód należy konsultować z zarządcą lub dzierżawcą obwodu

łowieckiego, na którego terytorium znajduje się uprawa kukurydzy, ponieważ prawny obowiązek ochrony upraw rolniczych przed zwierzyną łowną leży w gestii kół łowieckich lub Ośrodków Hodowli Zwierzyny.

Ochrona plantacji kukurydzy przed jeleniami polega głównie na stosowaniu urządzeń mechanicznych – ogrodzeń i urządzeń akustycznych. Podobnie jak w przypadku dzika, ochronę plantacji należy konsultować i zlecać dzierżawcom i zarządcom obwodu łowieckiego na którego terenie plantacja się znajduje. W ochronie kukurydzy i innych upraw rolniczych duże znaczenie ma kształtowanie środowiska rolniczego. Zwiększanie bioróżnorodności przez zakładanie zadrzewień, zakrzewień, pozostawianie remiz śródpolnych, stref buforowych pomiędzy obszarami leśnymi i rolniczymi, ochronę terenów bagiennych, oczek wodnych i cieków przyczynia się do zmniejszenia szkód łowieckich. W obszarze tym istnieje możliwość uzyskania dopłat w oparciu o programy rolno-środowiskowe oraz Program Rozwoju Obszarów Wiejskich 2014–2020. Z roku na rok w kontrolowaniu i zabezpieczaniu upraw kukurydzy przed szkodami powodowanymi przez zwierzęta coraz większą rolę odgrywają urządzenia elektroniczne – fotokamery, aparatura video, drony i inne urządzenia zdalnie sterowane lub programowane do wytwarzania zapachów lub efektów akustycznych lub wizualnych.

3. CHEMICZNE METODY OCHRONY

Zaprawy fungicydowe i insektycydowe stosowane do ziarna kukurydzy nie zabezpieczają nasion przed żerowaniem dzików. Pewne ograniczenia w żerowaniu dzików i ptaków na zasiewach kukurydzy zaobserwowano w przypadku stosowania zapraw opartych na substancjach czynnych z grupy karbaminianów (metiokarb i ziram). Również dostępne substancje czynne innych repelentów mają ograniczoną skuteczność w odstraszaniu tych zwierząt. Repelenty zapachowe mają bardzo krótkotrwałe działanie.

X. METODY BIOLOGICZNE W INTEGROWANEJ OCHRONIE UPRAW KUKURYDZY ORAZ OCHRONA OWADÓW 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 (bakterie, grzyby) oraz makroorganizmów (drapieżne roztocze oraz drapieżne i pasożytnicze owady) 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;
- ochronę pożytecznych organizmów przez dokonywanie w środowisku korzystnych dla nich zmian oraz stosowanie środków im nie zagrażających (selektywnych);
- okresową kolonizację czyli okresowe wprowadzanie wrogów naturalnych danego agrofaga, na uprawach, na których on nie występuje wcale lub w małej ilości.

W uprawach polowych, w tym w uprawach kukurydzy można wykorzystać głównie ochronę organizmów pożytecznych. Organizmy pożyteczne żyjące w środowisku naturalnym redukują liczebność gatunków szkodliwych. 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 swojego rozwoju potrzebuje przeważnie więcej niż 1 ofiary. Drugą formą współżycia dwóch organizmów jest pasożytnictwo,w której jeden czerpiekorzyści ze współżycia, drugi ponosi z tego tytułu szkody. Osobnika, który czerpie korzyści z pasożytnictwa nazywamy pasożytem, który wykorzystuje stale lub okresowo organizm żywiciela jako źródło pożywienia i środowisko życia, a tego, który ponosi szkody – żywicielem. Istnieją dwa rodzaje pasożytnictwa: pasożytnictwo zewnętrzne, kiedy pasożyt pewną część życia spędza na żywicielu

(ektopasożyt) lub wewnątrz jego ciała (endopasożyt). W obrębie pasożytów wyróżnia się parazytoidy. Parazytoidy są to pasożyty, których larwy zabijają żywiciela, a dorosłe osobniki żyją wolno. Większość pasożytów szkodników to parazytoidy (Kochman i Węgorek 1997).

Wśród pasożytów, które w naturalny sposób ograniczają populacje organizmów szkodliwych są błonkówki z rodziny męczelkowatych (*Braconidae*). Około 20 gatunków z tej rodziny atakuje szkodniki kukurydzy. Bardzo ważną rolę odgrywają także muchówki z rodziny rączycowatych (Tachinidae). Muchówki z tej rodziny swoim wyglądem przypominają muchę domową, lecz są od niej większe, bardziej krępe i pokryte szczecinkami. Samice przy pomocy 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. Samice, zanim rozpoczną składanie jaj, odżywiają się pyłkiem i nektarem kwiatowym z roślin uprawnych i dziko rosnących. Dlatego ważne jest posiadanie w sąsiedztwie takich enklaw, stanowiących bazę pokarmową dla tego parazytoida.

Szczególnie ważnym zagadnieniem jest obecność na polach kukurydzy wrogów naturalnych omacnicy prosowianki – najgroźniejszego szkodnika tej rośliny w Polsce. Z dotychczasowych badań oraz obserwacji IOR – PIB wynika, że pojedyncze złoża jaj omacnicy prosowianki mogą być niszczone przez przedstawicieli dziubałkowatych (Anthocoridae) – pluskwiaki te wysysają ich treść. Sporadycznie spotyka się również złoża jaj spasożytowane przez naturalnie występujące w agrocenozach błonkówki z rodzaju *Trichogramma*. Ich larwy wyjadają od środka treść jaj omacnicy. Młode gąsienice tuż po wylęgu są niekiedy atakowane przez drapieżne larwy złotooka pospolitego (*Chrysopa carnea*) oraz larwy biedronek (Coccinellidae). Na starszych gąsienicach sporadycznie pasożytują błonkówki z rodziny gąsienicznikowatych (Ichneumonidae) i męczelkowatych, a także muchówki z rodziny rączycowatych.

Najważniejszym wrogiem naturalnym omacnicy prosowianki w uprawie kukurydzy jest pasożytnicza błonkówka z rodziny kruszynkowatych. Choć występuje naturalnie w agrocenozach, to jednak bez pomocy człowieka nie jest w stanie skutecznie niszczyć jaj tego motyla. Dzięki sztucznej introdukcji wprowadza się w łan odpowiednio wysoką liczbę błonkówek, aby mogły aktywniej pasożytować jaja omacnicy. Aby metoda biologiczna charakteryzowała się wysoką skutecznością, konieczne jest precyzyjne ustalenie terminu introdukcji entomofaga, w momencie pojawu świeżo złożonych złóż jaj szkodnika, gdyż tylko takie są zasiedlane przez samice kruszynka (Bereś i Lisowicz 2005; Fiedler 2007; Bereś 2008; Tomalak i Sosnowska 2008).

W ograniczaniu populacji mszyc w uprawie kukurydzy znaczenie mają także pasożytnicze błonkówki z rodziny mszycarzowatych (*Aphidius* spp.). Samice pasożytniczych błonkówek składają jaja pojedynczo do ciał larw mszycy. Rozwój larwy parazytoida przebiega w całości wewnątrz ciała ofiary, która 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 się w tzw. mumię (Fiedler 2007).

Pasożyty atakują także poczwarki i owady dorosłe ploniarki zbożówki, stadia te nie wywierają wprawdzie bezpośredniego ujemnego wpływu na rośliny, ale ograniczenie populacji szkodnika może przyczynić się do jego mniejszego wystąpienia w latach następnych.

W sposób naturalny zarówno omacnica prosowianka jak i stonka kukurydziana może być również porażana przez grzyby i bakterie patogeniczne. W warunkach polowych znajdowano w kraju pojedyncze gąsienice omacnicy prosowianki porażone przez grzyby owadobójcze: *Beauveria bassiana* oraz *Hirsutella nodulosa*. Na niektórych plantacjach stwierdzano pojedyncze gąsienice porażone przez bakterie patogenne (Bereś 2016a). W odniesieniu do stonki kukurydzianej wykazano, że w warunkach polowych pojedyncze chrząszcze mogą być porażane przez naturalnie występujący w agrocenozach grzyb owadobójczy – *Beauveria bassiana*. Organizm ten nie powoduje na chwilę obecną jednak istotnego zmniejszenia populacji tego gatunku. W krajowych doświadczeniach laboratoryjnych stwierdzono jednak, że liczebność chrząszczy stonki kukurydzianej mogą w większym bądź mniejszym stopniu ograniczać także inne gatunki grzybów pasożytniczych: *Metarhizium anisopliae* oraz *Isaria fumosorosea* (Bereś 2015a).

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), trzyszczowate (Cicindelidae), gnilikowate (Histeridae), kusakowate (Staphylidae), biedronkowate, omarlicowate (Sylphidae) i omomiłkowate (Cantharididae). Chrząszcze posiadają 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. Większość z nich jest pod ochroną i odżywia się: mszycami, mrówkami, gąsienicami, poczwarkami motyli oraz larwami innych chrząszczy i muchówek. Często pokarmem dla nich są także ślimaki i dżdżownice. Zapotrzebowanie pokarmowe biegaczowatych jest ogromne. W ciągu doby biegacz zjada więcej pokarmu niż sam waży (Fiedler i Sosnowska 2008).

Najbardziej znana i określana mianem „bożych krówek", jest rodzina biedronkowatych. Spośród około 70 gatunków występujących w Polsce, tylko jeden – owełnica lucernianka, odżywia się pokarmem roślinnym, pozostałe prowadzą

drapieżny tryb życia, zjadając różne stadia rozwojowe: mszyc, miodówek, czerwców i przędziorków. Zarówno larwy, jak i dorosłe biedronki są bardzo żarłoczne. Jedna larwa zjada w ciągu swego rozwoju około 600 mszyc, a owad dorosły likwiduje dziennie około 50 pluskwiaków w różnych stadiach rozwojowych. Najczęściej na terenie całego kraju występują biedronka siedmiokropka i biedronka dwukropka.

Bardzo ważną grupą drapieżców są owady z rzędu muchówek, głównie dwóch rodzin: bzygowatych (Syrphidae) oraz pryszczarkowatych (Cecidomyiidae). Bzygowate składają jaja w bezpośrednim sąsiedztwie kolonii mszyc, ułatwiając w ten sposób szybkie odnalezienie pokarmu wylegającym się larwom. Beznogie larwy tych muchówek są drapieżne, odżywiają się mszycami, a w przypadku ich braku także innymi drobnymi stadiami rozwojowymi owadów. Zapotrzebowanie pokarmowe larw jest bardzo duże, a ich żarłoczność (w zależności od gatunku bzyga i jego ofiary) wynosi od 100 do 1000 mszyc. Do najczęściej spotykanych gatunków muchówek z rodziny bzygowatych zaliczane są: *Episyrphus balteatus*, *Sphaerophoria scripta*, *Metasyrphus corollae*. Zapotrzebowanie pokarmowe jednej larwy tego ostatniego gatunku przekracza 800 sztuk mszycy (Wiech i wsp. 2001).

Przedstawicielem rodziny pryszczarkowatych jest pryszczarek mszycojad (*Aphidioletes aphidimyza*), który występuje zarówno w warunkach polowych, a także sztucznie często jest wprowadzany do szklarni w celu biologicznego zwalczania mszyc. Samica składa jaja w pobliżu kolonii mszyc. Bezpośrednio po wylęgu, larwy wpełzają pod mszycę, paraliżują je, a następnie żerują, pobierając płynną zawartość ciała mszycy. Warto zaznaczyć, że tylko część mszyc jest zjadana przez larwę, pozostałe są zabijane substancją paraliżującą. Drapieżny tryb życia prowadzi również większość przedstawicieli sieciarek (Neuroptera), których larwy posiadają sierpowate żuwaczki przystosowane do wysysania innych owadów. Są to niewielkie o seledynowych, siateczkowatych skrzydłach owady, które często można spotkać pomiędzy framugami okien i w innych zacisznych kryjówkach. Przedstawicielem najczęściej spotykanym jest złotook pospolity. 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).

Organizmy pożyteczne występujące w naturalnym środowisku i pełniące ważną funkcję regulowania liczebności wciornastków i przędziorków w uprawie kukurydzy to drapieżne pluskwiaki, głównie dziubałki i dziubałeczki (*Orius* spp.). Są to drobne owady, wielkości 3–4 mm, które posiadając aparat gębowy kłująco-ssący wbijają w ciało ofiary swoją kłujkę jednocześnie wpuszczają ślinę zawierającą substancje paraliżujące. W ten sposób unieruchomiona ofiara jest następnie wysysana przez pluskwiaka. Te gatunki oprócz występowania w warunkach

naturalnych można dodatkowo wprowadzać na uprawę przez dostępne w sprzedaży biopreparaty, np. Orius System. Z kolei w badaniach laboratoryjnych przeprowadzonych w IOR – PIB wykazano także wysoką skuteczność drapieżnych pluskwiaków z rodzaju *Orius* spp. w ograniczaniu jaj stonki kukurydzianej. Bardzo dobre rezultaty otrzymano także po zastosowaniu drapieżnych roztoczy *Amblyseius andersoni* i *Hypoaspis miles* (Fiedler 2007; Bereś 2015a).

Z pewnością do pożytecznych owadów zaliczyć należy skorki (Dermaptera), nazywane potocznie szczypawkami, ze względu na obecność cęgów w końcowej części ciała. Cęgi służą im do obrony, do odstraszania napastników, a także spełniają pomocnicze funkcje w czasie kopulacji. Są to jednak owady drapieżne, prowadzące nocny tryb życia, ich ofiarami są mszyce i inne drobne owady. Z całą pewnością nie docenia się również roli pająków w ograniczaniu liczebności wielu groźnych szkodników roślin. A wystarczy przyjrzeć się pajęczynom często występującym w uprawie kukurydzy, gdzie można zobaczyć w sieci mszyce, wciornastki czy śmietki. W Polsce żyje około 700 gatunków pająków, wśród których najpospolitszym jest *Linyphia triangularis*, w którego sieciach stwierdzono ponad 150 różnych gatunków owadów. Są to jednak niewyspecjalizowani drapieżcy, którzy odławiają w swoje sieci te owady, których jest najwięcej w środowisku i które przypadkowo w nie wpadają, w tym również wrogów naturalnych. Niemniej można uznać także pająki za ważnego regulatora liczebności roślinożernych owadów (Wiech 1997; Wiech i wsp. 2001).

W uprawie kukurydzy problemem mogą być także ślimaki. Do biologicznego 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).

Przedstawione wyżej przykłady wskazują na stałą obecność w uprawach kukurydzy wrogów naturalnych szkodników i chociaż nie zawsze są w stanie same ograniczać ich liczebność do poziomu poniżej wyrządzania szkód gospodarczych, to jednak są bardzo ważnym elementem w redukcji części populacji wielu szkodliwych gatunków. Ponadto ich obecność wpływa na bioróżnorodność, której ochrona jest jednym z kluczowych celów integrowanej ochrony roślin. Prowadzone obserwacje służą poznaniu roli gatunków pożytecznych i możliwości ich bardziej efektywnego wykorzystania (Bereś i wsp. 2007).

Mechanizmy regulujące liczebność gatunków szkodliwych w środowisku naturalnym cały czas funkcjonują, ale można je dodatkowo stymulować, np. dostarczając wrogom naturalnym miejsc schronienia czy 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, zarośla śródpolne, oczka wodne, niekoszone rowy czy miedze. Są one źródłem pokarmu dla organizmów pożytecznych, zapewniają im schronienie i miejsce do zimowania oraz umożliwiają bezpieczny rozwój.

Mówiąc o organizmach pożytecznych, występujących naturalnie w środowisku, nie należy zapominać także o roli „zapylaczy", i to zarówno zwierząt, jak i owadów. Zapylanie nie tylko zwiększa plony, ale poprawia też ich jakość. W naszej strefie klimatycznej około 80–90 proc. 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).

Choć kukurydza należy do roślin wiatropylnych, a obecność na plantacji owadów zapylających nie wpływa na poziom i jakość przyszłego plonu, to mogą one, niekiedy także licznie, występować w tej uprawie. Na plantacjach zachwaszczonych, kwitnące chwasty mogą być atrakcyjnym źródłem pokarmu dla pszczół. Ponadto liczne wystąpienie mszyc może wabić zapylacze. Mszyce wydzielają spadź, bogatą w cukry substancje chętnie zbieraną przez pszczoły. W końcu w rejonach, gdzie brakuje pożytków dla owadów zapylających, w szczególności w okresach suszy, pszczoły mogą przy braku innego źródła pokarmu zbierać pyłek z kukurydzy. W przypadku obecności pszczół na plantacji kukurydzy należy zawsze pamiętać o konieczności ich ochrony. Ważnym aspektem jest zrozumienie olbrzymiej roli owadów zapylających nie tylko w produkcji roślinnej ale także w środowisku naturalnym. Bowiem około 80% wszystkich gatunków roślin występujących na ziemi wymaga dla prawidłowego rozmnażania obecności zapylaczy, w tym duża liczba roślin uprawnych (Pruszyński i Skubida 2012).

Istotnym elementem w integrowanej ochronie roślin jest także stosowanie tzw. selektywnych pestycydów, które są bezpieczne lub mniej toksyczne dla organizmów pożytecznych (Pruszyński i Wolny 2009; Pruszyński i wsp. 2012).

Nie należy również zapominać o zwiększaniu świadomości producentów rolnych o roli wrogów naturalnych występujących w środowisku naturalnym, ponieważ tzw. „opór środowiska" stanowi ważny element, często niedoceniany w integrowanej ochronie roślin.

Przedstawione powyżej przykłady organizmów pożytecznych mają przede wszystkim zobrazować ich olbrzymią rolę jako sprzymierzeńców producentów kukurydzy i nie tylko. Ważnym elementem współczesnej ochrony roślin jest także prawna ochrona tych organizmów w trakcie prowadzenia zabiegów chemicznych.

Wśród aktów prawnych UE dotyczących ochrony roślin najważniejszymi są Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1107/2009, które w art. 55 nakłada obowiązek prowadzenia ochrony roślin zgodnie z zasadami integrowanej ochrony oraz Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE, która w załączniku III określa ogólne wymagania integrowanej ochrony roślin

(Dyrektywa 2009; Rozporządzenie 2009). W Polsce natomiast podstawowym aktem prawnym jest Ustawa o środkach ochrony roślin oraz towarzyszący jej pakiet, między innymi Rozporządzenie MRiRW w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin (Rozporządzenie 2013a; Ustawa 2013). Wymienione Rozporządzenie MRiRW oraz Załącznik III Dyrektywy 2009/128/WE podaje, że: integrowana ochrona roślin obejmuje „ochronę organizmów pożytecznych oraz stwarzanie warunków sprzyjających ich występowaniu, w szczególności dotyczy to owadów zapylających i naturalnych wrogów organizmów szkodliwych". Mając na uwadze obowiązek prowadzenia ochrony upraw zgodnie z zasadami integrowanej ochrony, już ten zapis stanowi podstawę obowiązku nie tylko ochrony organizmów pożytecznych, ale również stwarzania im korzystnych warunków do ich rozwoju. Ponadto Rozporządzenie to jasno określa konieczność ochrony owadów pożytecznych, w § 1.2 zapisano: „W ramach integrowanej ochrony roślin, przeprowadzając zabiegi chemicznej ochrony roślin, należy uwzględnić: pkt 1. dobór środków ochrony roślin w taki sposób, aby minimalizować negatywny wpływ zabiegów ochrony roślin na organizmy niebędące celem zabiegu, w szczególności dotyczy to owadów zapylających i naturalnych wrogów organizmów szkodliwych" (Pruszyński i wsp. 2012).

Uznając zatem za obowiązującą ochronę entomofauny pożytecznej, z podejmowanych w tym celu działań jako najważniejsze należy uznać zapoznanie się z opisem i stadiami rozwojowymi gatunków pożytecznych tak, aby móc ocenić ich występowanie, potrzebę wykonania zabiegu środkiem chemicznym lub odstąpienia od tego zabiegu, a także prawidłowo dobrać stosowany środek.

Intensywnie prowadzone są badania, których celem jest bliższe poznanie roli gatunków pożytecznych i możliwości ich bardziej efektywnego wykorzystania. To ostatnie można już obecnie uzyskać przez podejmowanie wielu działań, do których należą:

- racjonalne stosowanie chemicznych środków ochrony roślin i oparcie decyzji na ocenianym na bieżąco realnym zagrożeniu uprawy kukurydzy ze strony szkodników. Należy tu uwzględnić odstępowanie od zabiegów, jeżeli pojaw szkodnika nie jest liczny i towarzyszy mu pojaw gatunków pożytecznych. W tej grupie czynności należy uwzględnić ograniczenie powierzchni zabiegu do zabiegów brzegowych, lub punktowych jeżeli szkodnik nie występuje na całej plantacji. Zalecać należy stosowanie przebadanych mieszanin środków ochrony roślin i nawozów płynnych, co ogranicza liczbę wjazdów na pole i zmniejsza mechaniczne uszkadzanie roślin;
- ochrona gatunków pożytecznych przez unikanie stosowania insektycydów o szerokim spektrum działania i zastąpienie ich środkami selektywnymi;
- dobór terminu zabiegu tak, aby nie powodować wysokiej śmiertelności owadów pożytecznych;

– stosowanie zapraw nasiennych, które często eliminują konieczność opryskiwania roślin w czasie wegetacji;
– na podstawie wyników badań ograniczanie dawek środków oraz dodawanie adiuwantów;
– stała świadomość, że chroniąc wrogów naturalnych szkodników kukurydzy chroni się także inne obecne na polu gatunki pożyteczne;
– pozostawienie miedz, remiz śródpolnych i innych elementów architektury krajobrazu, które są miejscem bytowania wielu gatunków owadów pożytecznych;
– dokładne zapoznanie się z treścią etykiety dołączonej do każdego środka ochrony roślin oraz przestrzeganie informacji w niej zawartych (Bereś i Pruszyński 2008; Pruszyński i Pruszyński 2013).

Wrogowie naturalni nie są najczęściej w stanie w sposób ciągły ograniczać liczebność szkodników do poziomu poniżej progów ekonomicznej szkodliwości. Należy jednak pamiętać, że integrowane technologie uprawy, których podstawowym elementem jest integrowana ochrona przed szkodnikami, stawiają przed producentami konieczność prowadzenia racjonalnej ochrony opartej na możliwie jak największym wykorzystaniu pożytecznej działalności pasożytów i drapieżców.

Fot. 64. Błonkówki kruszynka na jaju omacnicy prosowianki (fot. P. Bereś)

Fot. 65. Biedronka siedmiokropka (fot. M. Tomalak)

Fot. 66. Larwa biedronki (fot. M. Tomalak)

Fot. 67. Złotook pospolity (fot. M. Tomalak)

Fot. 68. Larwa złotooka pospolitego (fot. M. Tomalak)

Fot. 69. Rączyca – osobnik dorosły (fot. M. Tomalak)

Fot. 70. Larwy pryszczarka mszycojada (fot. M. Tomalak)

Fot. 71. Biegacz fioletowy (fot. M. Tomalak)

Fot. 72. Drapieżny pluskwiak z rodzaju *Orius* spp. (fot. Ż. Fiedler)

Fot. 73. Stonka kukurydziana porażona przez grzyb *Beauveria bassiana* (fot. P. Bereś)

Fot. 74. Omacnica prosowianka porażona przez grzyb *Hirsutella nodulosa* (fot. P. Bereś)

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

Wdrażanie zasad integrowanej ochrony roślin do praktyki rolniczej odbywa się wieloma kanałami, wśród których szczególnie ważnym ogniwem są Ośrodki Doradztwa Rolniczego zlokalizowane we wszystkich województwach.

Jednostki doradztwa rolniczego funkcjonują na podstawie Ustawy z 22 października 2004 roku o jednostkach doradztwa rolniczego (t.j. z 2013 r. Dz. U. poz. 474). Zgodnie z tą Ustawą, struktury publicznego doradztwa rolniczego tworzą następujące jednostki: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie (CDR), posiadające 3 oddziały (w Krakowie, Poznaniu i Radomiu) oraz 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 22.06.2016 roku 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 do ministra właściwego 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 biura na poziomie gmin 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 14.12.1995 roku (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 2.07.2004 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. Przez szkolenia, przygotowało doradców do realizacji działań w ramach polityki rolnej i 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 rolno środowiskowych,
- 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 wprowadzone zostają dodatkowe specjalizacje, takie jak: doradca z zakresu integrowanej ochrony roślin oraz doradca ekologiczny.

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 zasadami 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 ludzi i środowiska naturalnego, wynikających ze stosowania pestycydów,
- poprawienie kontroli stosowania i dystrybucji pestycydów,
- ograniczenie stosowania szkodliwych substancji czynnych przez ich zastąpienie 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 roku ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz. Urz. UE L 309 z 24.11.2009, str. 71). KPD 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 Krajowym Planie Działania, 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 oraz opracowywanie narzędzi służących rolnikom we wdrażaniu tych zasad, wśród których należy wymienić metodyki integrowanej ochrony roślin dla poszczególnych upraw, kodeks dobrej praktyki ochrony roślin, systemy wspomagania decyzji w ochronie roślin wskazujące 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 2013).

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 podjęciu decyzji w celu ochrony plantacji z maksymalną skutecznością przy minimalnym wpływie na środowisko (Dominik i Schonthaler 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 nad pojawianiem się i nasileniem agrofagów jest szczególnie ważne obecnie, gdy obok uniknięcia strat w plonie pod uwagę należy brać czynnik ekonomiczny, środowiskowy 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 się okazać zastosowanie skutecznego pestycydu wywierającego najmniejszy wpływ na środowisko i ludzi. W przypadku szkodników nie można zapomnieć o sprawdzeniu ilości pożytecznych 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, innych agrofagów i konieczności wykonania właściwego zabiegu w określonym terminie.

Uwzględniając priorytety określone w Krajowym Planie Działania 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. W trakcie realizacji jest jedno z kluczowych założeń, a mianowicie 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 dla 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 pojawu agrofagów.

W ostatnich latach nastąpił znaczny postęp w metodach sygnalizacji przez wdrażanie 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 online 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 roku 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 oraz 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 nowej Platformy Sygnalizacji Agrofagów. Ostrzegać, edukować, informować, radzić – to funkcje, jakie spełniać ma utworzona nowa, 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 jest przygotowywana przez Instytut Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu we współpracy z Instytutem Ogrodnictwa w Skierniewicach oraz Instytutem Nawożenia, Uprawy i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, innymi placówkami naukowo-badawczymi, a także ośrodkami doradztwa rolniczego.

Nowa Platforma Sygnalizacji Agrofagów to narzędzie, które pomaga rolnikom w codziennej pracy. Ma istotne znaczenie przy monitorowaniu sytuacji pszczół, narażonych na działanie środków ochrony roślin, stąd nie brakuje w niej zaleceń, jak wykonywać zabiegi ochronne, aby nie zaszkodziły owadom zapylającym.

Upowszechnienie integrowanej ochrony roślin wymaga aktywnego i twórczego udziału w tym procesie wszystkich zainteresowanych jednostek, organizacji rządowych i samorządowych. Nieoceniona jest tu rola samego Instytutu Ochrony Roślin – PIB, który przez prowadzenie badań naukowych z zakresu integrowanej ochrony roślin daje podwaliny pod programy ochrony upraw uwzględniające wymagania ograniczające stosowanie chemicznych środków ochrony roślin, w tym takie ich stosowanie, aby do minimum ograniczone było ich oddziaływanie na człowieka, zwierzęta i środowisko. Jedną z form wdrażania wyników badań do praktyki rolniczej jest tworzenie metodyk integrowanej ochrony roślin. W zależności od odbiorcy do którego są skierowane zawierają mniej lub bardziej szczegółowy opis w jaki sposób należy prowadzić monitoring i zabiegi zwalczające gatunki szkodliwe. Standardowo w odniesieniu do poszczególnych grup agrofagów w metodykach podawane są następujące informacje: opisy najważniejszych gatunków szkodliwych, niechemiczne i chemiczne metody ochrony, metody określania liczebności i progi szkodliwości, systemy wspomagania decyzji oraz wskazówki na temat właściwego doboru środka ochrony roślin i dawki. Informacje zawarte w metodykach są wskazówką dla rolników, a także służb doradczych i kontrolnych jak ma wyglądać integrowana ochrona roślin i na jakie elementy szczególnie powinno się zwracać uwagę. Metodyki same w sobie stanowią transfer najnowszych wyników badań z zakresu ochrony roślin do praktyki, gdyż są ogólnie dostępne dla zainteresowanych. Ich uzupełnieniem są szkolenia i inne prelekcje przeprowadzane w kraju dotyczące prawidłowej ochrony roślin przed agrofagami w oparciu o wytyczne zawarte w unijnych i krajowych przepisach prawnych (Mrówczyński i wsp. 2014).

We wdrażanie zaleceń integrowanej produkcji i ochrony kukurydzy szczególnie zaangażowany jest Polski Zwiazek Producentów Kukurydzy (PZPK) w Poznaniu, który zrzesza plantatorów kukurydzy, przedstawicieli firm nasiennych i fitofarmaceutycznych, a także pracowników naukowych, doradców i tych wszystkich, którzy są zainteresowani problematyką uprawy tej rośliny. Rozumiejąc znaczenie kukurydzy jako paszy dla zwierząt, a także jej wielokierunkowe możliwości wykorzystania w przetwórstwie spożywczym grupa rolników w 1984 roku powołała do życia organizację pod nazwą Polski Związek Producentów Kukurydzy z siedzibą w Poznaniu. Głównym celem jaki przyświecał twórcą tego Związku było stworzenie organizacji, która reprezentowałaby interesy producentów kukurydzy i popularyzowałaby idee jej uprawy przy racjonalnym wykorzystaniu w żywieniu zwierząt. Drugim kierunkiem któremu Związek poświęca wiele uwagi jest rola kukurydzy w przetwórstwie spożywczym a także w zastosowaniu jako surowca w produkcji energii odnawialnej. Dla realizacji postawionych celów przyjęto Statut, wybrano władze i powołano Biuro Związku.

Zgodnie ze statutem, corocznie przyjmowany jest program działania Związku którego głównymi kierunkami są:

- organizacja „Dni Kukurydzy" – corocznie w różnych rejonach kraju, jako miejsca spotkań producentów rolnych z naukowcami, hodowcami, przedstawicielami firm handlowych oraz producentami maszyn i narzędzi rolniczych;
- prowadzenie wspólnie z COBORU tzw. Porejestrowych Doświadczeń Odmianowych (PDO) w stacjach badawczych w różnych rejonach kraju. Badania te są podstawą oceny już zarejestrowanych odmian i ich przydatności dla praktyki rolniczej w zależności od warunków glebowo klimatycznych;
- prowadzenie doświadczeń z odmianami wczesnymi przeznaczonymi do zbioru na ziarno dla terenów polski północnej, które począwszy od 2016 zostały zreorganizowane i włączone do sieci ogólnopolskiej;
- propagowanie prawidłowej agrotechniki oraz kierunków i sposobów racjonalnego wykorzystania kukurydzy przez pokazy, szkolenia, konferencje popularno-naukowe i publikacje specjalistyczne;
- pomoc doradczą w zaopatrzeniu producentów kukurydzy w najlepszy i dostosowany do regionalnych warunków materiał nasienny, pochodzący z czołowych firm hodowlanych prowadzących działalność komercyjną w kraju;
- tworzenie listy producentów ziarna oraz listy podmiotów prowadzących jego skup;
- wydawanie własnego czasopisma „Kukurydza", którego egzemplarze trafiają bezpłatnie do wszystkich jego członków, a także do zainteresowanych ODR i bibliotek branżowych;
- promocja artykułów spożywczych wytwarzanych w oparciu o surowiec pochodzący ziarna kukurydzy, a także promocja żywności bezglutenowej i popularyzacja uprawy i spożycia kukurydzy słodkiej (cukrowej) oraz pękającej (popcorn).

Jednym z najważniejszych elementów przy podejmowaniu decyzji o uprawie kukurydzy jest dobór odmian. Gwałtowny wzrost liczby odmian jakie mogą znaleźć się w ofercie handlowej sprawia, że rolnicy mają trudności w prawidłowej ich ocenie przedstawianej im oferty i właściwym wyborze najlepszego mieszańca dla danych warunków glebowo-klimatycznych. Rozumiejąc znaczenie właściwego wybory odmiany przy podejmowaniu decyzji o uprawie kukurydzy, PZPK wspólnie z COBORU organizuje doświadczenia polowe, tak aby można było na podstawie uzyskanych wyników obiektywnie ocenić każdą odmianę a w konsekwencji aby wyniki te stanowiły w przyszłości podstawę do stworzenia Listy Zalecanych Odmian (LZO). Rezultaty doświadczeń odmianowych prowadzonych przez Związek są przekazywane członkom i stanowią podstawową informacje przy podejmowaniu decyzji o wyborze odmiany i kierunku produkcji.

Przedstawiciele PZPK uczestniczą w spotkaniach z Ministrem Rolnictwa i Rozwoju Wsi przekazując postulaty plantatorów kukurydzy do uwzględnienia ich w podejmowaniu decyzji władz na rzecz rozwoju i stabilizacji rynku kukurydzianego w Polsce przez:

– zbilansowanie ewentualnego importu z produkcją krajową i spożyciem w kraju;
– działania na rzecz szerszego wykorzystania etanolu jako dodatku w produkcji paliw płynnych, co w znaczący sposób zwiększy możliwości zbytu ziarna i zwiększy powierzchnie zasiewów kukurydzy na ziarno;
– wystąpienie z wnioskiem do UE o zaliczenie do obszarów proekologicznych EFA w ramach programu zazielenienia gospodarstw plantacji kukurydzy zbieranej na ziarno po których pozostawiono nie zaorane resztki pożniwne (tzw. mulcz);
– podjęcie działań w celu zmniejszenia populacji dzików, które powodują znaczne straty na plantacjach kukurydzy zarówno wiosną jak i jesienią;
– w negocjacjach z Unią Europejską wskazywanie na konsekwencje gospodarcze jakie może mieć znaczenie gospodarcze wprowadzenie dalszych ograniczeń w stosowaniu w uprawie środków ochrony roślin przez skreślenie kolejnych substancji czynnych.

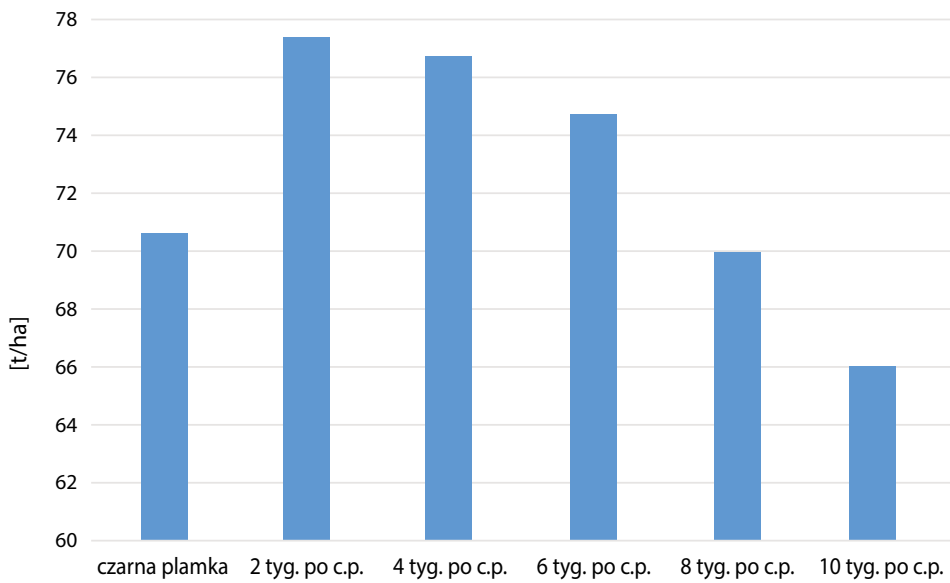
XII. PRZYGOTOWANIE DO ZBIORU, ZBIÓR, TRANSPORT I PRZECHOWYWANIE PLONU

1. ZBIÓR KUKURYDZY PRZEZNACZONEJ NA ZIARNO

Wybór prawidłowego terminu zbioru jest obok terminu siewu kolejnym beznakładowym elementem agrotechniki kukurydzy, który decyduje o wielkości, a także o jakości plonu. Jest on na tyle ważny, że w każdym systemie gospodarowania, a zwłaszcza w integrowanej produkcji powinien być wyznaczany z należytą precyzją.

Określenie właściwego momentu do zboru kukurydzy jest trudne. Jego opóźnianie z jednej strony łączy się z pożądanym spadkiem zawartości wody w ziarnie, jednak z drugiej strony warunki pogodowe w okresie jesieni często zwiększają straty wynikające z rozwoju grzybów z rodzaju *Fusarium* spp. i gromadzenia się w ziarnie groźnych dla zdrowia ludzi i zwierząt mikotoksyn. Ubytki plonu w wilgotnym ziarnie powstają także w wyniku oddychania uwodnionych, żywych zarodków.

Dobrym wyznacznikiem dojrzałości ziarna jest stadium czarnej plamki. Stadium to można zaobserwować po nadłamaniu dolnej części ziarniaka. Okolica nasady ziarniaka na skutek załamania się i kompresji kilku warstw komórek staje się ciemna, czego efektem jest zamknięcie kanalików doprowadzających asymilaty. Wynika z tego, że pojawienie się czarnej plamki (zbrunatnienie tarczki zarodka) łączy się z zakończeniem gromadzenia w ziarniakach skrobi (Aldrich i wsp. 1982). Proces dalszego dojrzewania ziarna polega już tylko na oddawaniu wody, któremu towarzyszy zamieranie całych roślin. Stadium czarnej plamki jako pierwsze osiągają ziarniaki znajdujące się na wierzchołku kolby, natomiast jako ostatnie duże ziarniaki znajdujące się u nasady. W warunkach stresu suszy ziarniaki osadzone w wierzchołkowej części kolby stosunkowo wcześnie osiągają tę fazę i są źle wykształcone. Mechanizm ten rośliny uruchamiają, aby w trudnych warunkach redukcja objęła drobne, najmniej wartościowe ziarniaki. Zwykle rośliny kukurydzy stadium czarnej plamki osiągają przy wilgotności około 35%, jednak w zależności od odmiany może ona się wahać od 31% (odmiana wczesna) do 37% (średnio-wczesna). W uprawach polowych oznaczenie tego stadium powinno być podstawą do wyznaczenia prawidłowego terminu zbioru kukurydzy



Rys. 10. Plony ziarna w zależności od terminu zbioru [dt/ha] wg Sulewska (2008c)

na ziarno. Największy plon ziarna uzyskuje się przy zbiorze przeprowadzanym w okresie 2–4 tygodni od stadium czarnej plamki oznaczonej w ziarniakach środkowej części kolb (Rys. 10.) (Sulewska i wsp. 2006, Sulewska 2008c). Wilgotność zbieranego ziarna w tym czasie zwykle wynosi około 28%, co zapewnia prawidłowe wymłacanie przez zespoły robocze kombajnu. Termin osiągnięcia dojrzałości omłotowej zależy od wczesności odmiany oraz przebiegu pogody.

Każde przyspieszanie zbioru, jak i jego opóźnianie o ponad 4 tygodnie od stadium czarnej plamki stwierdzonego na ziarniakach środkowej części kolb, prowadzi do istotnych strat plonu ziarna. Zbyt późny zbiór, tj. w końcu listopada – początku grudnia, w zależności od układu warunków pogodowych, generuje straty plonu ziarna, które w zależności od przebiegu pogody wahają się w zakresie 2,1–11,0 dt/ha. Obserwowany spadek plonów, postępujący wraz z opóźnianiem zbioru wynika z rosnącego porażenia roślin przez *Fusarium* spp., wywołującego wyleganie roślin, zwisanie, a nawet opadanie kolb.

Grzyby z rodzajem *Fusarium* gwałtowniej rozwijają się w tkankach zamierających na skutek przymrozków czy naturalnego zasychania roślin niż na tkankach żywych. Dla ciepłolubnej kukurydzy nagłe obniżenie temperatury do kilku stopni poniżej zera stanowi czynnik stresowy, który powoduje zahamowanie fotosyntezy oraz rozkład substancji zapasowych do związków prostych, co także stymuluje

rozwój grzybów. Zatem każde opóźnienie zbioru prowadzi do wzrostu udziału porażonych roślin oraz kolb na polu. Rozwój fuzarioz w postaci zgorzeli podstawy łodygi jest częstą przyczyną wylegania roślin, natomiast gdy wystąpi fuzarioza kolb, obserwujemy ich zwisanie, a w skrajnych warunkach nawet opadanie. Skutkiem tego jest utrudniony zbiór oraz często duże straty ziarna, które w zależności od odmiany i przebiegu pogody wahają się od 1,9% (stadium czarnej plamki) do 31,4% w (koniec listopada/początek grudnia). Straty w plonie ziarna, przy późnych zbiorach są wynikiem nie wymłacania kolb, które spadły na ziemię oraz w mniejszym stopniu nieprecyzyjnej pracy kombajnu.

W warunkach podwyższonej wilgotności straty powstają ponadto w wyniku procesu spalania nagromadzonych asymilatów przez oddychający zarodek. Oddychanie jest największe, gdy wilgotność ziarna jest bliska 50%, natomiast spada do minimum przy wilgotności poniżej 15,5%. Szczególnie duże straty zachodzą w podwyższonej temperaturze powietrza.W badaniach wykazano, że spadek wilgotności o każdy punkt w granicach z 28 do 18% powoduje 1% ubytek masy ziarna. Z kolei Janowicz (2015) podaje, że w temperaturze 20°C przy wilgotności ziarna wynoszącej 15% oddychanie zarodka jest w porównaniu z wilgotnością 16% – 10 razy mniejsze, z wilgotnością 18% – 60 razy, z wilgotnością 20% – 120 razy, a z wilgotnością 30% – 400 razy mniejsze. Stąd wraz z opóźnianiem terminu zbioru udział bielma i okryw owocowo-nasiennych w ziarniakach kukurydzy maleje na rzecz wzrostu udziału zarodków. Jest to zmiana niekorzystna w ocenie zarówno paszy jak i surowca dla przemysłu. Dopiero pod działaniem wysokiej temperatury w czasie suszenia zarodki zamierają i plon ziarna się stabilizuje.

Innym wskaźnikiem dojrzałości ziarna kukurydzy jest jego wilgotność. Ziarno kukurydzy nie zgromadzi maksymalnej ilości suchej masy zanim jego wilgotność nie spadnie poniżej 35%, a nawet 28%. Powyższe wartości graniczne wilgotności ziarna są oczywiście również wskaźnikami dojrzałość ziarna kukurydzy.

Z technicznego punktu widzenia do zbioru kombajnem można przystąpić, kiedy zawartość wody w ziarnie wynosi poniżej 38%, jednak z uwagi na fizjologię rośliny – gromadzenie skrobi, tak wczesny zbiór jest niewskazany. Od lat podstawową pozycją w nakładach ogółem na uprawę kukurydzy stanowią koszty suszenia ziarna, które często przekraczają 30%, choć w 2012 roku były zdecydowanie niższe i stanowiły 21% nakładów ogółem (Radzyńska i Szymańczak 2013). Stąd niezmiernie istotne jest zbieranie ziarna o możliwie najniższej wilgotności. Opóźnianie zbioru prowadzi do systematycznego spadku zawartości wody w ziarnie, przy czym największe różnice obserwuje się w ciągu pierwszego miesiąca od stadium czarnej plamki oznaczonego w ziarniakach środkowej części kolby. W warunkach Polski największy spadek wilgotności (o ponad 4 pkt%) następuje po upływie 2 tygodni od stadium czarnej plamki, natomiast opóźnienie zbioru do początku grudnia może powodować nawet wzrost zawartości wody w ziarnie.

Pozostawianie kukurydzy na polu po osiągnięciu optymalnej dojrzałości do zbioru w celu dalszego obniżenia wilgotności ziarna zwykle prowadzi do zmniejszenia wielkości i jakości plonu. Zagrożeniem dla jakości plonu są gwałtownie rozwijające się na łodygach i kolbach grzyby z rodzaju *Fusarium*, produkujące mikotoksyny. Metabolity wtórne są groźnymi dla ludzi i zwierząt truciznami, których ze skażonego ziarna w żaden sposób nie można usunąć (Sulewska i wsp. 2005). Silnie porażone rośliny należy zbierać wcześniej, aby zapobiec ich wyleganiu oraz ograniczyć gromadzenie mikotoksyn w ziarnie. Integrowana produkcja rolnicza ma bowiem dostarczać żywności i paszy bezpiecznej dla zdrowia ludzi i zwierząt.

Ziarno porażone grzybami nadaje się tylko do przerobu na etanol, a najlepiej na spalenie. Koncentracja mikotoksyn w odpadach po przerobie gorzelnianym zainfekowanego ziarna jest bardzo wysoka, stąd absolutnie nie nadają się one na paszę i powinny zostać zutylizowane. Stąd po stwierdzeniu właściwej dojrzałości z decyzją o zbiorze ziarna nie należy zwlekać. W trakcie jesiennych, krótkich dni, nawet gdy panuje ciepła, słoneczna pogoda, okres dosychania ziarna w czasie doby trwa zaledwie 4–5 godzin. W pozostałych godzinach z uwagi na występowanie mgieł, wysokiej wilgotności powietrza, niskich temperatur, ziarno nie oddaje wody, natomiast przy ekstremalnie późnych zbiorach przeciwnie – kolby chłoną wilgoć z otoczenia. W takich warunkach ponadto intensywnie namnażają się grzyby fuzaryjne.

Ważnym wskaźnikiem do podjęcia decyzji o zbiorze jest także stan łodyg, szczególnie przy prognozowaniu opadów i chłodów. Porażenie i uszkodzenia roślin przez szkodniki zwiększają ryzyko wylegania i opadania kolb, co powiększa straty, natomiast staranna ocena stanu roślin na polu w okresie przed zbiorem pozwala je zminimalizować. Aktualnie zarejestrowane odmiany kukurydzy dojrzewają do zbioru na ziarno w całym kraju, pod warunkiem dobrania mieszańca o długości wegetacji (liczbie FAO) odpowiedniej do danego rejonu uprawy. Zbiór większości zasiewów następuje zwykle w październiku.

O możliwości wykorzystania ziarna kukurydzy do określonych celów przemysłowych decyduje podgatunek kukurydzy, typ ziarna, termin zbioru ale także przebieg procesu suszenia. Przydatność ziarna do przemysłowego wykorzystania uwarunkowana jest budową bielma i dobrym jego wykształceniem. Ponadto bardzo ważna jest łatwość oddzielania zarodka od reszty ziarniaka oraz rodzaj zgromadzonej skrobi.

Zawartość skrobi w suchej masie ziarna wykazuje dużą stabilność przy opóźnianiu zbioru. Ziarno przeznaczone do produkcji skrobi i etanolu można zbierać bez spadku koncentracji skrobi do 6 tygodni od stadium czarnej plamki określonej na ziarniakach środkowej części kolby, jednak z uwagi na obniżki plonu i jego jakości należy preferować zbiory wcześniejsze, a więc 2–4 tygodnie od tego stadium. W wyniku opóźniania zbioru również inne składniki ziarna ulegają

zmianom: na ogół wzrasta zawartość włókna, natomiast maleje zawartość białka ogólnego i tłuszczu (Ptaszyńska i Sulewska 2008a).

Spośród parametrów fizykochemicznych, na wydajność przemiałową ziarna najsilniej wpływają: masa objętościowa ziarna i jego twardość, mierzona wielkością pracy włożonej w rozdrobnienie. Najlepszą wartość przemiałową ziarna uzyskuje się przy zbiorze przeprowadzonym w stadium czarnej plamki oznaczonej w ziarniakach znajdujących się w środkowej części kolby (Ptaszyńska i Sulewska 2008b).

2. PRZYGOTOWANIE ZIARNA DO PRZECHOWYWANIA

Przygotowanie ziarna do przechowywania polega na szybkim jego doczyszczeniu i wysuszeniu. Masa omłotowa otrzymywana bezpośrednio z kombajnu jest mieszaniną całych ziarniaków, odłamanych ich fragmentów, a także części osadek kolbowych i innych zanieczyszczeń organicznych. Zatem po zbirze ziarno należy odseparować od wszelkich zanieczyszczeń. Obowiązujące graniczne zawartości poszczególnych zanieczyszczeń przedstawia tabela 36.

Tabela 36. Minimalne wymagania jakościowe w skupie ziarna

Wskaźnik jakościowy	Kukurydza
Maksymalna wilgotność	14,5%
Maksymalna zawartość zanieczyszczeń	12%
Ziarna połamane	10%
Zanieczyszczenia użyteczne:	5%
– ziarna porośnięte	5%
– ziarna niedojrzałe	–
– ziarno uszkodzone termicznie	3%
Zanieczyszczenia nieużyteczne:	3%
– nasiona obce (szkodliwe)	0,10%

Źródło: Janowicz (2015)

Fragmenty osadek kolbowych i innych części roślin są bardziej wilgotne niż samo ziarno, przez co stanowią źródło drobnoustrojów tlenowych i beztlenowych zakażających ziarno, które w warunkach podwyższonej wilgotności szybko się mnożą zużywając składniki pokarmowe zgromadzone w ziarnie. Mikroorganizmy rozwijają się zwłaszcza na uszkodzonych ziarniakach, utrąconych zarodkach, a także na wszelkiego rodzaju zanieczyszczeniach. Zanieczyszczenia ponadto zwiększają zużycie energii podczas suszenia. Wśród drobnoustrojów szczególnie groźne są grzyby, produkujące trujące mikotoksyny. Wynikiem ich działalności drobnoustrojów jest samozagrzewanie się pryzmy, pogarszanie

składu chemicznego ziarna, a w efekcie końcowym jego zepsucie. Już po 12 godzinach składowania mokrego ziarna następują zauważalne zmiany w jego składzie chemicznym.

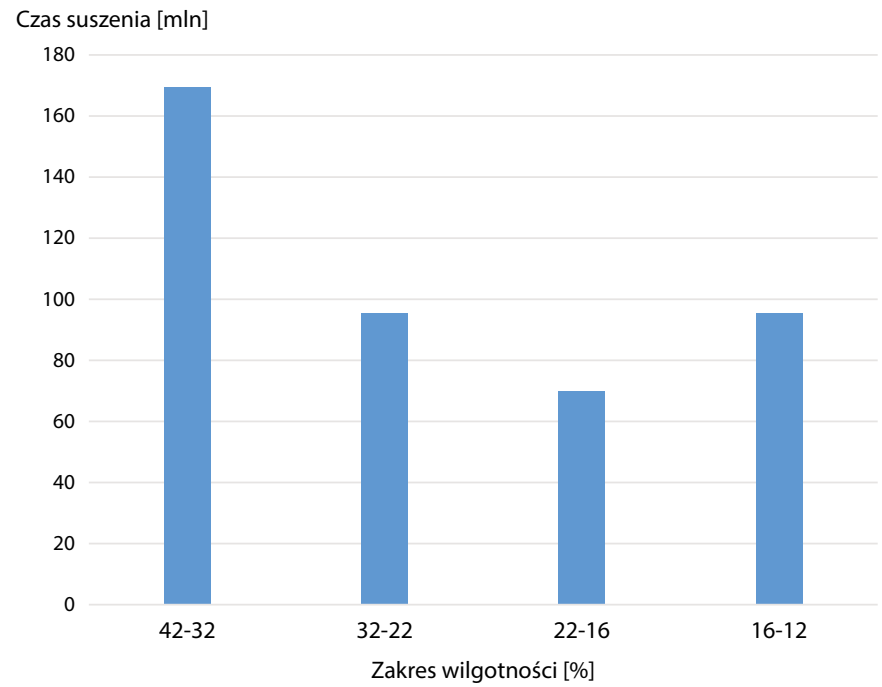
Ponadto w okresie od zbioru do wysuszenia, na skutek intensywnego oddychania zarodka, następuje dalsza utrata zgromadzonych w ziarnie asymilatów, zwłaszcza gdy zawartość wody w ziarnie wynosi powyżej 30%. Szybkie dosuszanie ziarna po zbiorze zatrzymuje lub bardzo spowalnia oba te niekorzystne procesy.

Ważną kwestią jest organizacja zbioru, w tym dopasowanie wydajności urządzeń czyszczących do potrzeb gospodarstwa, tak aby przerób nie spowalniał przygotowania ziarna do suszenia. Suszenie ziarna kukurydzy po zbiorze jest niezbędne. Należy je suszyć możliwie szybko, ogrzanym powietrzem (Michalski 2013; Siuda 2013; Solarski 2013). Zastosowanie wentylowania ziarna pozwala uniknąć zagrzewania się pryzmy oraz wydłużyć okres oczekiwania na suszenie. Dopuszczalny okres składowania ziarna zależy od jego wilgotności i temperatury. W warunkach przewietrzania przykładowo w temp. 21°C czas ten wynosi 3 dni, natomiast przy 24°C tylko 2 dni. W czasie przewietrzania następuje wstępna utrata wody, jednak nie gwarantuje ono równomiernego suszenia całej warstwy i w tym czasie może dochodzić do psucia się części ziarna. Długotrwałe przechowywanie ziarna jest możliwe dopiero po osiągnięciu wilgotności poniżej 14%, co można uzyskać jedynie stosując suszenie ciepłym powietrzem. Proces suszenia kukurydzy przeprowadza się w 2 etapach: początkowo przy stałej prędkości suszenia, a następnie prędkość maleje. Na początku procesu temperatura ziarna kukurydzy nieznacznie wzrasta i w zależności od czynnika suszącego, po zastosowaniu 60, 100 bądź 140°C ziarno osiąga temperaturę odpowiednio 25, 33,4 i 39,5°C i nie zmienia się aż do osiągnięcia przez nie wilgotności 24–28%. W drugiej fazie suszenia szybkość i wydajność suszenia zmniejszają się przy jednoczesnym wzroście temperatury suszonego ziarna. Gdy ziarno zagrzeje się do temperatury 70–75°C, następuje jego niepożądane przegrzanie i brązowienie. Dopuszczalne temperatury nagrzania suszonego ziarna podano w tabeli 37.

Tabela 37. Dopuszczalne temperatury nagrzania ziarna w suszarniach o ciągłym przepływie ziarna

Wilgotność ziarna	Temperatura nagrzania ziarna kukurydzy
≤ 16%	75
18%	64
20%	58
22%	52
24%	44

Źródło: Ryniecki (2005)



Rys. 11. Czas suszenia ziarna kukurydzy w przykładowych zakresach wilgotności wg Janowicz i Bochat (2009)

W trakcie procesu suszenia ważne jest oznaczanie wilgotności ziarna, co pozwala uniknąć jego przesuszenia i nieuzasadnionego podwyższenia kosztów suszenia. Przebieg suszenia ziarna bardzo usprawnia wykorzystywanie elektronicznych mierników wilgotności i temperatury.

Na rysunku 11. przedstawiono czas potrzebny do wysuszenia ziarna w wybranych zakresach wilgotności. Wyraźnie widoczne są przedziały różnych prędkości suszenia. Pierwszy, najdłuższy okres, to nagrzewanie się ziarna, drugi jest właściwym suszeniem i trzeci to dosuszanie. Ostatni okres suszenia (zakres 16–12%) jest powolny, gdyż usuwana jest w nim woda silnie związana z bielmem środkowej części ziarniaka, a odparowująca woda pokonuje dłuższą drogę z wnętrza na powierzchnię. Okres ten stanowi nawet ¼ całkowitego czasu suszenia. Obecnie nowoczesne suszarnie mogą być sterowane w pełni automatycznie, dzięki czemu zużywa się mniej energii a ziarno uzyskuje pożądaną wilgotność w całej masie.

Prawidłowo suszone ziarno wystarczy doprowadzić do wilgotności 16%, a następnie podczas aktywnego przewietrzania w trakcie schładzania go po suszeniu, następuje spadek wilgotności o dalsze 2–3%.

Suszenie bardzo wilgotnego ziarna w wysokiej temperaturze prowadzi do rozszerzania się ziarniaków i zmniejszania ich gęstości. Gwałtowne jego schładzanie

po działaniu wysokich temperatur powoduje wzrost jego kruchości i łamliwości, wywołuje pęknięcia ziarniaków, przez które mogą następować infekcje. Skraca to okres przydatności ziarna do przechowywania. Ponadto pogarsza się jakość surowca przeznaczonego do przemiału na sucho lub mokro, jak również dla innych procesów przerobu oraz wartość ziarna jako paszy dla trzody chlewnej. Pęknięcia w czasie złego suszenia powiększają udział ziarniaków uszkodzonych, który bywa i tak duży po kombajnowym zbiorze zbyt mokrego ziarna.

Tempo oddawania wody przez ziarno typu „dent" jest nieznacznie większe niż typu „flint", szczególnie w okresie początkowego oddawania wody. Przy suszeniu w temperaturze 50°C ziarno typu „dent" traci w ciągu godziny 2,4 punktów procentowych wody, natomiast typu „flint" 2,3 punktu procentowego. Wynika to z budowy ziarniaków. Bielmo szkliste składające się z ziaren skrobi, pomiędzy którymi znajdują się ciała białkowe, jest mniej przepuszczalne dla wody niż bielmo mączyste, które znajdujące się bezpośrednio pod okrywą owocowo-nasienną ziarniaków typu „dent".

W procesie suszenia następuje stopniowa utrata wody, a przez to zmniejszanie się plonu ziarna (tab. 38). Znając wilgotność ziarna przy zbiorze oraz wilgotność do jakiej zamierza się je wysuszyć, można wyliczyć plon suchego ziarna, stosując poniższy wzór:

$$\text{Plon ziarna suchego} = \text{plon ziarna mokrego} \times \frac{(100 - \text{wilgotność przy zbiorze})}{(100 - \text{wilgotność końcowa})}$$

Tabela 38. Przykładowe przeliczenia plonu o różnej wilgotności na stałą wilgotność 14%

Waga mokrego ziarna [t/ha]	Wilgotność początkowa ziarna [%]	Waga suchego ziarna [t/ha]
12,0	35	9,14
12,0	32	9,55
12,0	29	9,96
12,0	26	10,36
12,0	23	10,77

Źródło: Opracowanie własne

Innym zagadnieniem są straty suchej masy w plonie ziarna, jakie powstają podczas procesu suszenia. Wzrost temperatury wzmaga oddychanie ziarna powodujące ok. 1% strat w ciągu 10 dni suszenia ziarna w temperaturze 24–30°C. Okazuje się, że unikanie strat w czasie zbioru i suszenia jest bardziej opłacalne niż opóźnianie zbioru w celu zaoszczędzenia na kosztach suszenia.

Suszenie ziarna łączy się z wysokimi kosztami, które stanowią poważną część nakładów na produkcję kukurydzy. Koszty te zależą od wilgotności ziarna przy zbiorze, od wyboru metody suszenia i ceny energii. Najkorzystniejsze jest

dosuszanie ziarna we własnym zakresie, jeżeli to nie jest możliwe należy dążyć do rozliczania się za tono-procent. Od 2006 roku standardem obowiązującym w skupie zbóż jest wilgotność w zakresie 13,5–14%, natomiast przy wilgotności 14,1–14,5% następuje obniżenie ceny za każdy 0,1%. Optymalna wilgotność ziarna zapewniająca zachowanie jakości magazynowanego ziarna jest niższa i wynosi 12%. W zawiązku z tym od 1 listopada 2006 roku (zgodnie z rozporządzeniem WE 1572 z 18 października 2006r.) obniżono wilgotność ziarna przyjmowanego w skupie interwencyjnym do 12,5–13%. Dopuszcza się zwiększoną wilgotność ziarna kukurydzy do 13,1–13,5% przy zastosowaniu potrąceń od ceny interwencyjnej. Z kolei przy niższej wilgotności wynoszącej 10–12,4% stosowane są dodatki do ceny podstawowej (Michalski 2013).

Wysokie koszty suszenia skłaniają producentów do wyboru mieszańców o nieco krótszym okresie wegetacji, co gwarantuje niższą wilgotność ziarna przy zbiorze, a także do przeprowadzenia modernizacji suszarni pod kątem oszczędności energetycznych (stosowanie tańszych nośników energii, wykorzystanie ciepła odparowanej wody, podgrzewanie i osuszanie powietrza wprowadzanego do suszarni np. koksownikiem). W tabeli 39. przedstawiono czynniki wpływające na zapotrzebowanie energii w czasie dosuszania. Wskazują one ważniejsze kierunki modernizacji istniejących instalacji suszarniczych oraz możliwości ograniczenia kosztów suszenia. Z kolei porównanie korzystnych i niekorzystnych efektów suszenia wysokotemperaturowego przedstawiono w tabeli 40.

Tabela 39. Czynniki wpływające na zapotrzebowanie energii w czasie suszenia

Czynniki techniczne	Zmniejszenie zużycia energii
Instalacja suszarni (ograniczenie promieniowania)	od 8% zboża do 20% kukurydza
Wstępne czyszczenie wiatrem	3–5%
Czyszczenie na sitach przed suszeniem	5–8%
Automatyczna regulacja wilgotności końcowej	3–10%
Wyrównana wilgotność wejściowa	5–15%
Dopasowanie wydajności komponentów kompleksu suszącego	5–30%
Nowoczesna konstrukcja i wysoka jakość techniczna podstawowych elementów suszarni	do 15%
Dobre powiązanie z infrastrukturą gospodarstwa	do 8%
Stała kontrola parametrów suszenia – temperatury powietrza gorącego i wychodzącego, wilgotności powietrza wychodzącego	do 20%
Właściwe prowadzenie procesu suszenia	5–20%
Oddzielna (dołączana) wytwornica gorącego powietrza	zwiększenie o 4–15%

Źródło: Bockelmann (2006) za Michalskim (2007)

Tabela 40. Zalety i wady suszenia wysokotemperaturowego

Zalety	Wady
Możliwość suszenia ziarna o wilgotności powyżej 20% – bardzo istotne przy suszeniu kukurydzy	Wysokie koszty suszarni – zwykle wielokrotnie wyższe w porównaniu z urządzeniami do suszenia niskotemperaturowego
Krótki okres suszenia, duża szybkość procesu, Typowe wydajności suszarni 0,5–30 ton/godzinę (dla ziarna kukurydzy suszonego od wilgotności 30 do 15%)	Duże zużycie energii na odparowanie 1 kg wody z masy ziarna (nazywane ciepłem suszenia) jest większe o ok. 50–250% w porównaniu z suszeniem niskotemperaturowym
Wyeliminowanie problemu dopuszczalnego czasu suszenia ze względu na ryzyko zepsucia ziarna (problem przy suszeniu niskotemperaturowym)	Ryzyko uszkodzenia ziarna spowodowane działaniem zbyt wysokiej temperatury

Źródło: Ryniecki (2005)

Przechowywane ziarno kukurydzy narażone jest na wielostronne zagrożenia zarówno zewnętrzne jak i wynikające ze stanu w jakim się ono znajduje (wilgotność, zanieczyszczenia, uszkodzenia okrywy owocowo-nasiennej). Bogata wiedza i doświadczenie w tym względzie stanęły u podstaw nowych rozwiązań technicznych suszarni, systemów kontroli i sterowania procesami suszenia, aktywnej wentylacji oraz schładzania ziarna.

Okres bezpiecznego przechowywania ziarna kukurydzy bardzo silnie zależy od jego wilgotności i temperatury (tab. 41).

Tabela 41. Okres bezpiecznego przechowywania ziarna kukurydzy (liczba dni) w zależności od jego wilgotności i temperatury

Temperatura ziarna	Wilgotność ziarna [%]						
	18	20	22	24	26	28	30
–1,1	648	321	190	127	94	74	61
1,7	432	214	126	85	62	49	40
4,4	288	142	84	56	41	32	27
7,2	192	95	56	37	27	21	18
10,0	128	63	37	25	18	14	12
12,8	85	42	25	16	12	9	8
15,6	56	28	17	11	8	7	5
18,3	42	21	13	8	6	5	4
21,1	31	16	9	6	5	4	3
23,9	23	12	7	5	4	3	2
26,7	17	9	5	4	3	2	2

Źródło: Janowicz (2015)

Wysuszone ziarno zwykle przechowywane jest w specjalistycznych silosach. Aby utrzymać jego wysoką jakość należy systematycznie kontrolować wilgotność i temperaturę oraz regularnie przewietrzać. Podstawowe zalecenia to: nie przewietrzać ziarna wilgotnym powietrzem oraz nie przewietrzać ziarna chłodnego cieplejszym powietrzem.

Najlepsze warunki do przewietrzania silosów panują we wrześniu i październiku, natomiast latem chłodzenie jest możliwe tylko nocą, pod warunkiem, że wilgotność względna powietrza nie przekracza 50%.

W trakcie przechowywania ziarna kukurydzy w naturalny sposób następuje przemieszczanie się tłuszczu z zarodka do bielma. Szybkość przemieszczania się tłuszczu z zarodka do bielma zależy od warunków magazynowania. Proces ten pogarsza wartość produktów pozyskiwanych z bielma, przez obniżenie ich przydatności do długiego przechowywania. Z tego względu nie należy zbyt długo przechowywać ziarna, ponieważ zmniejsza to jego przydatności do przerobu.

Ziarno przeznaczone na paszę i do produkcji etanolu można zakonserwować bez uprzedniego suszenia, przez jego zakiszanie lub dodatek kwasu propionowego. Do tego celu najczęściej wykorzystuje się gazoszczelne rękawy foliowe, które zabezpieczają ziarno przed dostępem powietrza. Stworzenie i utrzymanie warunków beztlenowych chroni ziarno przed rozwojem drobnoustrojów tlenowych wywołujących jego gnicie. Takie sposoby konserwacji gwarantują właściwe parametry jakościowe surowca i są zdecydowanie tańsze od suszenia.

Transport ziarna jest również bardzo istotnym elementem łączącym produkcję z suszarnią, miejscem przechowywania ziarna lub przemysłem przetwórczym. Niewłaściwe warunki w jakich następuje przewożenie plonu mogą sprawić, że w końcowym etapie nastąpi obniżenie jego wartości bądź w skrajnie złych zepsucie się ziarna. Z kolei wysuszone ziarno powinno się transportować czystymi, szczelnymi przyczepami, przykrytymi plandekami zabezpieczającymi ziarno przed ewentualnym zamoknięciem.

3. ZBIÓR I KONSERWACJA KUKURYDZY PRZEZNACZONEJ NA KISZONKĘ Z CAŁYCH ROŚLIN

Wartość paszowa kukurydzy ulega zmianom przede wszystkim w zależności od fazy rozwojowej, a w mniejszym stopniu od czynników agrotechnicznych. W okresie rozwoju generatywnego tj. od początku zawiązywania kolb aż do osiągnięcia dojrzałości pełnej ziarna wynoszącym 50–60 dni, wartość energetyczna plonu może wzrosnąć nawet o 76 GJ/ha. W miarę upływu wegetacji począwszy od fazy wyrzucania wiech zwiększa się wartość energetyczna suchej masy, następuje wzrost zawartości rozpuszczalnych cukrów i hemicelulozy, a zmniejsza się zawartość białka, włókna i ligniny.

Największy plon suchej masy całych roślin kukurydza osiąga stosunkowo późno, bo w początkach dojrzałości pełnej ziarna. Wobec tego najkorzystniej jest przeprowadzać zbiór w dojrzałości późno-woskowej, a nawet pełnej. W takim stadium dojrzałości kukurydza zawiera 30–35% suchej masy przy wysokim, sięgającym 50–60% udziale kolb w plonie suchej masy. Parametry dobrego surowca do zakiszania zostały określone następująco: dojrzałość ziarna późno-woskowa do początku pełnej, zawartość suchej masy w całych roślinach 30–35% i ponad 50% udział kolb w suchej masie (Dubas 2004; Podkówka 2007, 2011, 2013).

Oznaczenie dojrzałości technicznej kukurydzy kiszonkowej na podstawie oceny organoleptycznej lub zawartości suchej masy w ziarnie i kolbach jest mało precyzyjne. Powinno się uwzględniać również wilgotność łodyg i liści oraz udział kolb w surowcu do zakiszania. Chcąc w warunkach gospodarstwa wyznaczyć optymalny termin zbioru kukurydzy na kiszonkę należy ocenić: dojrzałość ziarna (woskowa, początek pełnej), udział kolb w świeżej masie (powyżej 50%), stan łodyg i liści (zielone, podsychające).

Innym wskaźnikiem zaawansowania dojrzałości roślin kukurydzy do zbioru na kiszonkę jest obserwacja umiejscowienia tzw. linii mlecznej w ziarniakach. W czasie nalewania i dojrzewania ziarna następuje zmiana konsystencji bielma z mlecznej przez woskową do stałej, która postępuje od wierzchołka ziarniaka w kierunku jego nasady. W trakcie dojrzewania ziarna możliwe jest obserwowanie wyraźnego rozgraniczenia tych stanów bielma zwanego linią mleczną. Według tego wskaźnika optymalny termin zbioru kukurydzy osiąga, gdy linia mleczna znajduje się w połowie lub w 2/3 długości ziarniaka w kierunku zarodka.

Przy wyznaczaniu terminu zbioru niezbędna jest elastyczność wynikająca z potrzeby uwzględnienia zróżnicowania warunków pogodowych. W latach szczególnie suchych celowym może być przyspieszenie zbioru, tak aby nie dopuścić do nadmiernego udziału suchych części roślin w zakiszanej masie. Z kolei w latach chłodnych i wilgotnych bywa niemożliwe osiągnięcie granicznych zawartości suchej masy i udziału kolb w plonie. W takiej sytuacji prawidłowe zakiszenie będzie możliwe po zastosowaniu dodatków kiszonkarskich.

Osiągnięcie optymalnej dojrzałości do zbioru na kiszonkę w dużym stopniu zależy od właściwości uprawianych odmian. W niektórych regionach kraju odmiany późne (FAO > 290) dojrzałość kiszonkową osiągają jedynie przy sprzyjającym przebiegu pogody i wydłużonym okresie wegetacji. Odmiany o krótszym okresie wegetacji plonują wierniej i w latach chłodnych ich plony z reguły mają lepszą wartość paszową niż plony odmian późnych. Odmiany te jednak charakteryzują się mniejszym potencjałem produkcyjnym zarówno pod względem plonu suchej masy jak i jednostek energetycznych. W ocenie wartości paszowej mieszańców przeznaczanych na kiszonkę ważnym wskaźnikiem jest strawność, która także zależy od genotypu. Również wczesność dojrzewania, plon suchej masy i udział kolb są indywidualnymi cechami poszczególnych odmian. Do uprawy na kiszonkę proponuje się często najlepsze w danym rejonie mieszańce ziarnowe, o dużym udziale ziarna w plonie, który m.in. decyduje o jakości paszy.

Do uprawy na kiszonkę warte polecenia są odmiany typu „stay green". Tego typu mieszańce w momencie osiągnięcia dojrzałości późno-woskowej ziarna charakteryzują się dużym udziałem zielonych części roślin. Stwarza to możliwości produkcji surowca dobrej jakości, o dużym udziale, odpowiednio wykształconego ziarna z zachowaniem zielonych liści i łodyg. Taki surowiec sprzyja prawidłowemu procesowi zakiszania.

Wartość paszowa produkowanej kiszonki obok odpowiedniej fazy rozwojowej i stanu roślin przeznaczonych do zakiszania, w dużym stopniu zależy od wysokości koszenia roślin oraz ich rozdrobnienia i rozgniecenia ziarniaków. Regulacja wysokości koszenia jest dobrym sposobem podniesienia koncentracji energii w paszy w momencie zbioru (Michalski i wsp. 2002). W ścierni pozostawia się najmniej wartościowe, dolne fragmenty łodyg, przez co udział kolb i ziarna w zakiszanym surowcu wzrasta. Z kolei uszkodzenie okrywy ziarniaka ułatwia wykorzystanie skrobi, z której pochodzi około 65% energii. Stąd w trakcie przygotowywania surowca do zakiszania, ważnym jest osiągnięcie pożądanego stopnia zgniecenia ziarna. Kukurydza przygotowana do zakiszania powinna być pocięta na odcinki 5–8 mm, co ułatwia ugniatanie jej w silosie. W masie sieczki powinno się znajdować 10–15% fragmentów dłuższych, zapewniających dobrą perystaltykę jelit.

Opóźnianie zbioru zwiększa koncentrację energii w paszy, stąd pamiętać należy, że przy zbiorze kukurydzy o zawartości suchej masy powyżej 35% uzyskujemy wartościowy ale suchy i twardy surowiec, który wolniej się zakisza i łatwiej pleśnieje. Szczególnego znaczenia nabiera wtedy dobre rozdrobnienie roślin i ugniecenie zakiszanego materiału. Z kolei przymrozki pojawiające się jesienią wywołują straty jakościowe, których nie zrekompensuje spodziewany przyrost plonu.

Sprawą szczególnej wagi jest zachowanie reżimu czasowego, w którym powinien nastąpić zbiór i zakiszenie surowca. Najkorzystniej, gdy proces ten jest prowadzony nieprzerwanie i kończy się w ciągu maksymalnie 24 godzin szczelnym okryciem silosu. W przeciwnym wypadku ugnieciona kiszonka unosi się, a powietrze zaczyna penetrować głębsze jej warstwy, co prowadzi do rozwoju niepożądanych drobnoustrojów tlenowych.

XIII. WŁAŚCIWY DOBÓR TECHNIKI STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

Wysoka skuteczność i bezpieczeństwo zabiegów oraz minimalizowanie wypływu na środowisko naturalne to kluczowe elementy współczesnej strategii ochrony roślin przed agrofagami. Efektywność zabiegów ochronnych w dużej mierze zależy od precyzji naniesienia środków ochrony roślin na traktowane agrofagi i od tego, czy jest możliwość skutecznego i bezpiecznego wykonywania opryskiwania w dowolnej fazie rozwojowej rośliny uprawnej i zmiennych warunkach pogodowych.

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. Na każdym opakowaniu powinna być etykieta w języku polskim. Należy zachować dowód zakupu środka, co jest szczególnie istotne w przypadku reklamacji czy postępowaniu sprawdzającym działanie środka chemicznego. Środki ochrony roślin w trakcie transportu powinny być zapakowane w oddzielnych, zamkniętych pojemnikach lub opakowane folią. Aby zmniejszyć ryzyko uszkodzenia opakowań i rozsypania lub rozlania przewożonych chemikaliów przewożone pojemniki powinny być przymocowane. W przypadku podejrzenia zatrucia w związku z kontaktem ze ś.o.r. należy niezwłocznie udać się do lekarza, informując go o sposobie styczności z konkretną substancją chemiczną. Zgodnie z Rozporządzeniem MRiRW (Dz. U. z dnia 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 wskutek wycieku lub przesiąkania w głąb profilu glebowego (Rozporządzenie 2013b).

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 posiadać własną wentylację i oświetlenie, a w pomieszaniu temperatura nie powinna spadać poniżej 0°**C**;
- środki ochrony roślin powinny być przechowywane w oryginalnych opakowaniach, posiadających etykietę producenta, w sposób uniemożliwiających 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 przygotowania i wykonywania zabiegów ochrony roślin zawsze istnieje ryzyko powstania niepożądanych skutków ubocznych dla ludzi, zwierząt i środowiska. Stopień ryzyka skażeń znacznie wzrasta, gdy proces przygotowania jest nieprawidłowy, niezgodny 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. Podstawowym wyposażeniem odzieży ochronnej jest: kombinezon, odpowiednie buty, gumowe rękawice odporne na działanie środków ochrony roślin, okulary i maska chroniąca oczy, układ oddechowy oraz układ 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. Proces sporządzania cieczy użytkowej należy przeprowadzać 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 dnia 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 należy to wykonać na nieprzepuszczalnym podłożu (np. płycie betonowej), umożliwiającym zebranie i bezpieczne zagospodarowanie ewentualnych wycieków lub rozsypanych środków ochrony roślin. Zawsze przed otwarciem opakowania zawierającego preparaty chemiczne należy 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 komponentyulegają 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 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, 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 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. Postęp w konstrukcji opryskiwaczy, poza odpowiednią precyzją nanoszenia środków ochrony roślin, ukierunkowany jest przede wszystkim na poprawę bezpieczeństwa i komfortu pracy operatora oraz ograniczenie zanieczyszczenia środowiska. Opryskiwacze wyposażone w belki polowe o dużych szerokościach roboczych powodują proporcjonalnie mniejsze uszkodzenia roślin, gdyż zmniejsza się liczba przejazdów roboczych. Nowoczesne opryskiwacze wyposażane są w belki polowe o długości 24, 30 i 36 m, największe modele osiągają 45 m szerokości i więcej.

Opryskiwacze przyczepiane, które najczęściej współpracują z belkami o dużych szerokościach roboczych, przetaczane są na własnym podwoziu i trzeba pamiętać, aby rozstaw kół opryskiwacza był dopasowany do rozstawu rzędów roślin i rozstawu kół ciągnika. Opryskiwacze te 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, wyposażony może być w rozpylacze wytwarzające krople grube i bardzo grube (np. rozpylacze niskoznoszeniowe i eżektorowe), które umożliwiają głębsze wnikanie rozpylonej cieczy z łan i zwiększają jakość pokrycia cieczą użytkową różnych części roślin. Niewątpliwie zaletą opryskiwacza wyposażonego w system PSP jest to, że zabieg ochronny może być wykonywany w optymalnym terminie agrotechnicznym, a więc w takim okresie, gdzie działanie środka ochrony roślin jest najbardziej efektywne. Dodatkową korzyścią jest także to, że takie rozwiązanie umożliwia zastosowanie do zabiegów rozpylaczy wytwarzających drobne krople (najlepsze efekty w jakości pokryciu roślin cieczą użytkowa), nawet przy wietrznej pogodzie, gdy użycie technik tradycyjnych jest nie możliwe z powodu zagrożenia znoszeniem.

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 i wysokich plantacjach kukurydzy powodują opryskiwacze samojezdne o dużym prześwicie podwozia, wąskich oponach, regulowanej 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 (ponad 2,5 m). 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 oprysków z użyciem ś.o.r. (głównie insektycydów) w uprawie kukurydzy.

Dobór rozpylaczy do zabiegu

Rozpylacze mają bezpośredni wpływ na jakość opryskiwania, a co za tym idzie i bezpieczeństwo i skuteczność działania stosowanych środków ochrony roślin. Ich wyboru często dokonuje się na podstawie wymaganego rozmiaru kropli i rodzaju opryskiwania (kroplistości). 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. 42).

W uprawie rzepaku 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, przede wszystkim typu i wymiaru rozpylaczy. Podział na różne rodzaje opryskiwania (drobne, średnie, grube i bardzo grube) pozwala rolnikowi właściwie dobrać właściwy rozpylacz do rodzaju zabiegu wg kryteriów niebezpieczeństwa znoszenia i przydatności do różnych typów zabiegów ochronnych oraz faz rozwojowych kukurydzy (tab. 43). Wybór optymalnej kroplistości opryskiwania jest szczególnie ważny, gdy efektywność działania środka ochrony roślin jest uzależniona od jakości pokrycia roślin, lub też gdy trzeba ograniczyć znoszenie.

Dobór rozpylacza do konkretnych zabiegów ochronnych należy poprzedzić zapoznaniem się z jego charakterystyką techniczną, szczególnie z informacją o typie, wielkości szczeliny rozpylającej oraz natężeniu wypływu cieczy, które jest wyrażone zunifikowanym kolorem i kodem cyfrowym (np. zielony – 015, żółty – 02, niebieski – 03).

W konwencjonalnych opryskiwaczach polowych do zabiegów ochrony roślin stosuje się najczęściej rozpylacze szczelinowe (płaskostrumieniowe). Rozpylacze płaskostrumieniowe oferowane są w wielu rodzajach i typach. Do najbardziej rozpowszechnionych typów rozpylaczy 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,

Tabela 42. 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 różnych 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: Opracowanie własne według danych z katalogów producentów rozpylaczy

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 stron blaszek liściowych. W ochronie z użyciem fungicydów niezwykle istotny jest transport cieczy użytkowej jak najgłębiej w łan na łodygi i dobre pokrycie dolnych stron liści, czyli miejsc, gdzie infekcja często ma swój początek. Opryskiwacz wyposażony w standardowe rozpylacze płaskostrumieniowe nie zapewnia dokładnego pokrycia zwartych roślin, szczególnie liści i łodyg głęboko ukrytych w łanie, co jest szczególnie istotne podczas zabiegów przeciw chorobom grzybowym. Zalecane ciśnienia robocze dla standardowych rozpylaczy szczelinowych wynosi od 2 do 4 bar (1 bar = 1 atm. = 0,1 MPa). Rozpylacze uniwersalne o podwyższonej jakości rozpylania mogą pracować w szerokim zakresie cienienia roboczego (od 1 bar do 5 bar) zapewniając uzyskanie większej jednorodności wytwarzanych kropel. Rozpylacze te mogą być stosowane we wszystkich zabiegach ochrony roślin, 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. Do tej grupy należą tzw. 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 kontaktowych, dlatego też jeśli nie ma takiej potrzeby to zabiegi z tą grupą preparatów lepiej wykonać przy użyciu rozpylaczy uniwersalnych (standardowych).

Rozpylacze eżektorowe 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 eżektorowych uzyskiwano optymalną pracę (jakość rozpylania cieczy) dla ciśnień roboczych w granicach od 5 do 8 bar. W nowoczesnych rozwiązaniach tych rozpylaczy uzyskuje się zadawalającą jakość dystrybucji rozpylanej cieczy już przy bardzo niskich ciśnieniach roboczych rzędu 1–2 bar. Przy tak niskich ciśnieniach roboczych efekt redukcji znoszenia dochodzi nawet do 80–90 proc. Rozpylacze eżektorowe 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 eżektorowych *o dwóch płaskich,* wachlarzowych strumieniach cieczy, najczęściej tworzących względem siebie kąt 60°. 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 i pionowych powierzchni roślin oraz dobrą penetracje łanu.

Zamontowanie na opryskiwaczu rozpylaczy antyznoszeniowych lub eżektorowych 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/ha.

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 eżektorowych.

W zależności od warunków wykonywania zabiegu, rodzaju stosowanych środków ochrony roślin oraz dawek cieczy użytkowej istnieje potrzeba montowania na opryskiwaczu różnych typów i wymiarów rozpylaczy. Taką możliwość dają korpusy wielogłowicowe, w których można zainstalować po kilka różnych typów rozpylaczy jednocześnie. Producenci opryskiwaczy wyposażają opryskiwacze polowe w głowice wielokorpusowe (od jednego do pięciu korpusów). Zamiana rozpylacza polega tylko na obróceniu głowicy korpusu o ustalony kąt.

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 ochronny 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 większym 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 nie opryskane, 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. Na zużycie rozpylaczy wpływa bardzo wiele czynników, takich jak np.: sposób eksploatacji, czas użytkowania czy rodzaj materiału użytego do produkcji rozpylacza. Rozpylacze 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. Intensywnie użytkowany opryskiwacz powinien być wyposażony w rozpylacze ze stali nierdzewnej lub ceramiczne, które choć są znacznie droższe, to gwarantują najdłuższy okres użytkowania. Najmniejsze uszkodzenie otworu rozpylającego, wskutek

Tabela 43. Dobór rozpylaczy i dawki cieczy użytkowej do polowych zabiegów ochrony roślin w zbożach z użyciem konwencjonalnych opryskiwaczy polowych i wykorzystujących technikę PSP (Pomocniczy Strumień Powietrza)

Typy rozpylaczy / Wyszczególnienie	Rozpylacze szczelinowe (płaskostrumieniowe)						Zakres dawki cieczy w 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	(–)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	150–300	75–150
Nalistne	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(+)	100–250	50–100
FUNGICYDY								
Wczesne fazy rozwojowe	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(+)	150–250	50–100
Zwarte łany	(++)	(+)	(+)	(++)	(++)	(++)	200–300	75–150
INSEKTYCYDY								
Wczesne fazy rozwojowe	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(+)	100–200	50–100
Zwarte łany	(++)	(+)	(+)	(++)	(++)	(+)	150–250	75–125
NAWOZY PŁYNNE								
Dolistne dokarmianie	(–)	(+)	(++)	(++)	(++)	(+)	150–300	75–150
Mieszaniny **ś.o.r.** i nawozów	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	(+)	200–300	75–125

Przydatność: (++) – bardzo dobra, (+) – dobra, (–) – nie zalecany/mało przydatny

Kontrola znoszenia: (*) – słaba/brak, (**) – dobra, (***) – bardzo dobra, (****) – doskonała

Źródło: dane zebrane z materiałów własnych, szkoleniowych, katalogów i poradników Dobrej Praktyki Ochrony Roślin

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 39. zamieszczono zakresy zalecanych dawek cieczy użytkowej w ochronie kukurydzy 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 przez 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.

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 precyzyjne nanoszenie rozpylanej cieczy na poszczególne części roślin. Dawka aplikowanej cieczy użytkowej nie może być zbyt mała, gdyż wiązałoby się to z potrzebą użycia bardzo drobnych kropel, co z kolei może prowadzić do wzrostu znoszenia i odparowania cieczy z kropel lub nierównomiernego rozłożenia środka w roślinie. Z drugiej strony stosowanie wysokich dawek wody, niekoniecznie zwiększa depozyt (naniesienie) środka ochrony roślin na liściach. Substancja czynna często jest wtedy w stanie znacznego rozcieńczenia, a krople pokrywające opryskiwaną powierzchnię wykazują skłonność do ściekania. 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 w kukurydzy z użyciem standardowej techniki opryskiwania najczęściej stosuje się dawkę w 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. Środki o działaniu kontaktowym wymagają bardzo dobrego pokrycia opryskiwanych roślin i generalnie wymagają stosowania większych dawek cieczy użytkowej niż środki o działaniu systemicznym (układowym). Ponadto lepsze efekty w pokryciu liści z użyciem tej grupy środków uzyskuje się stosując opryskiwanie drobnokropliste.

W zabiegach doglebowych dawki cieczy użytkowej nie mogą być zbyt niskie. Herbicyd aplikowany doglebowo, jeżeli w dłuższym okresie czasu nie będzie miał odpowiednich warunków do działania (właściwa wilgotność gleby), to jego aktywność biologiczna może być niewystarczająca.

Rośliny kukurydzy tworzące zwarty i wysoki łan tworzą 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 (liście wierzchołkowe, wiecha) oraz przy sprzyjających warunkach pogodowych (wiatr do 4 m/s, temperatura 15–25°C, wilgotność powietrza powyżej 50%) możliwe jest stosowanie rozpylaczy wytwarzających opryskiwanie drobno- lub średniokropliste oraz mniejsze ilości cieczy użytkowej, bliższe dolnym zalecanym dawkom. Większe dawki cieczy należy stosować, gdy zabieg wykonywany jest rozpylaczami grubokroplistymi, gdy 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 nieco większych dawek cieczy użytkowej (tab. 39). Dysponując odpowiednią aparaturą zabiegową (np. opryskiwacze z PSP) dawkę cieczy można zmniejszyć do 100–125 l/ha lub mniej, a pokrycie roślin nadal będzie wystarczające.

Regulacja opryskiwacza

Wykonanie kalibracji opryskiwacza (czyli ustalenie parametrów roboczych opryskiwacza w procesie regulacji) jest warunkiem niezbędnym do ustalenia właściwej ilości środka ochrony roślin na chronioną powierzchnię plantacji. Zgodne z dobrą praktyką ochrony roślin, w procesie regulacji opryskiwacza ustala się typ i wymiar rozpylaczy oraz ciśnienie robocze, które zapewniają realizację założonej dawki cieczy na hektar dla wyznaczonej prędkości roboczej opryskiwacza. Przedawkowanie lub zastosowanie zmniejszonej dawki to czynności nieodwracalne ze wszystkimi następstwami tego faktu. Nieprecyzyjna kalibracja lub jej zaniechanie to bardzo częste przyczyny uszkodzenia roślin, obserwowane szczególnie wyraźnie po zastosowaniu niektórych herbicydów.

Regulacje 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 wegetacyjny, a także w sytuacjach koniecznych (np. awaria układu sterowania i kontroli wydatkowania cieczy) lub 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 ten sam numer i kolor, co zapewni ponownie poprawne dawkowanie cieczy na hektar.

Jednorodność cieczy użytkowej w zbiorniku opryskiwacza jest gwarantem stałego stężenia nanoszonego środka ochrony roślin na opryskiwane powierzchnie. Stąd też 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 oraz jednocześnie należy kontrolować wcześniej ustawione ciśnienie robocze w opryskiwaczu.

Warunki wykonywania zabiegów

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

Szczególnie środki ochrony roślin stosowane nalistnie wykazują największą wrażliwość na zmieniające się warunki pogodowe. Duży wpływ na efektywność stosowanych środków ochrony roślin ma temperatura i wilgotność powietrza. Stosowanie rozpylaczy wytwarzających drobne krople lub ustawienie belki polowej

na większą wysokość w warunkach niskiej wilgotności powietrza i zwiększonej prędkości wiatru może być przyczyną przemieszczania się kropel poza opryskiwany obszar (Kierzek i wsp. 2010). W celu uzyskania wysokiej skuteczności i bezpieczeństwa zabiegu należy wykonywać opryskiwanie w optymalnych warunkach pogodowych.

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. 44). 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. Najlepiej zabiegi zwalczania wykonywać rano lub wieczorem, z uwagi na mniejszy wiatr i mniejsze nasłonecznienie, albo 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 być większa niż 60%.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi, we wszystkich zabiegach ochrony roślin, dopuszcza się wykonywanie opryskiwania przy prędkości wiatru nie przekraczającej 4 m/s. Niewielki wiatr, o prędkości 1–2 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. wietrzna pogoda), gdy zabiegu nie można przesunąć w czasie, zalecane jest stosowanie rozpylaczy niskoznoszeniowych lub eżektorowych, 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 do zabiegu drobnych kropel, zapewniających bardzo dobre pokrycie opryskiwanych powierzchni roślin (Hołownicki i wsp. 2012).

Podczas opryskiwania upraw polowych prędkość robocza powinna mieścić się w zakresie 5–8 km/h, a przy użyciu opryskiwaczy wyposażonych w belkę z PSP

(pomocniczy strumień powietrza) 8–14 km/h. Niższe prędkości robocze (4–5 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 w okresie 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. adiuwanty) opad deszczu (powyżej 2 mm) może wyraźnie zmniejszyć skuteczność środka ochrony roślin, jeśli występuje średnio do 3–6 godz. po zabiegu.

Tabela 44. 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

Źródło: Dane zebrane z materiałów własnych, szkoleniowych, katalogów i poradników Dobrej Praktyki Ochrony Roślin

3. POSTĘPOWANIE PO WYKONANIU ZABIEGU

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 i 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 ulegając 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 stwarza ryzyko uszkodzenia roślin w kolejnym zabiegu (np. herbicyd, regulator wzrostu).

Po zakończeniu każdego cyklu zabiegów (w danym dniu stosowanie tych samych środków ochrony roślin) resztki cieczy użytkowej z opryskiwacza można usunąć przez wypryskanie cieczy użytkowej na polu, lub spuszczenia pozostałej cieczy do specjalnych naczyń lub zbiorników. Niedopuszczalne jest wylewanie pozostałej po zabiegu cieczy na glebę, czy do systemu ściekowo-kanalizacyjnego oraz 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 wykonuj 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 własnym nieużytkowanym rolniczo terenie, z dala od ujęć wody pitnej, i studzienek kanalizacyjnych. Mycia opryskiwacza nie wolno przeprowadzać kilkakrotnie w tym samym miejscy, aby nie spowodować skażenia miejscowego gleby.

Procedura płukanie 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 3 krotne płukanie instalacji cieczowej małą porcją wody;
- włączyć pompę i przy zamkniętym dopływie do rozpylaczy przepłukać w czasie 2–4 minut wszystkie używane podczas zabiegu elementy układu cieczowego;
- popłuczyny wypryskać z większą prędkością roboczą i mniejszym ciśnieniu roboczym na powierzchnię uprzednio opryskiwaną (najlepiej czynność taką powtórzyć trzykrotnie) lub jeśli nie jest to możliwe to resztki wykorzystać zgodnie z zaleceniami dotyczącymi zagospodarowania pozostałości płynnych;
- zdemontować wkłady filtrów, oczyścić je i zamontować ponownie na swoje miejsce.

Resztki pozostałej, spuszczonej cieczy z opryskiwacza należy unieszkodliwić z wykorzystaniem 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 wykorzystaj 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 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 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 nie użytkowanym rolniczo, z dala od ujęć wody pitnej, studzienek kanalizacyjnych i miejsc, na którym 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. teren zadarniony), 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. Trzeba unikać wykonywania poważniejszych napraw w polu, a najlepiej przeprowadzać je w gospodarstwie, w odpowiednio wyposażonym stanowisku. Przeglądy opryskiwacza przeprowadzane systematycznie, według zaleceń producenta sprzętu zawartych w instrukcji obsługi, gwarantują zawsze bezawaryjne i terminowe wykonanie zaplanowanych zabiegów. Nieużytkowany i umyty opryskiwacz musi być tak przechowywany, aby nie stwarzał zagrożenia dla ludzi, zwierząt i środowiska.

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

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: nazwę środka ochrony roślin, czas zastosowania i zastosowaną dawkę, obszar i uprawy, 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. Producent rolny może w dokumentacji odnotowywać również inne działania i spostrzeżenia związane z prowadzoną produkcją rolniczą np. informacje o warunkach pogodowych podczas wykonywanego zabiegu oraz godziny (od–do) opryskiwania. Po wykonaniu zabiegu (1–4 tygodnie), w tabeli można podać informacje dotyczące jego skuteczności. Dokumentację można prowadzić według poniższego schematu (tab. 45).

Prowadzenie ewidencji zabiegów ma duże znaczenie w przypadku wystąpienia m.in.: zatrucia osób, zatrucia pszczół, uszkodzenia sąsiednich upraw na skutek zniesienia cieczy. Dokumentacja taka może być również pomocna przy wyborze roślin następczych w płodozmianie. Prowadzona starannie jest cennym źródłem informacji o zużyciu środków ochrony roślin i prawidłowości ich stosowania.

Zgodnie z ustawą z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin, z dniem 1 stycznia 2014 r. stosowanie integrowanej ochrony roślin stało się obowiązkiem wszystkich profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin.

Użytkownicy profesjonalni, którzy stosują środki ochrony roślin są zobligowani uwzględniać wymogi integrowanej ochrony roślin określone 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

Tabela 45. 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.												

Źródło: Bereś i Mrówczyński (2013)

wykorzystać wszelkie dostępne działania i metody ochrony przed agrofagami aby ograniczyć stosowane pestycydy. Zapisy rozporządzenia kładą silny nacisk m.in. na stosowanie płodozmianu, odpowiednich odmian, przestrzegania optymalnych terminów, stosowania właściwej agrotechniki, nawożenia oraz zapobiegania rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych. Jednym z wymogów jest również ochrona organizmów pożytecznych oraz stwarzanie warunków sprzyjających ich występowaniu. W szczególności dotyczy to owadów zapylających i naturalnych wrogów organizmów szkodliwych. Zastosowanie chemicznej ochrony roślin powinno być poprzedzone działaniami monitoringowymi w uprawie oraz podparte odpowiednimi instrumentami naukowymi i doradztwem. Prawidłowo prowadzona integrowana ochrona roślin powinna być również dokumentowana z uwzględnieniem ww. elementów, a ocenę skuteczności podejmowanych działań i metod ochrony roślin przeprowadza się w szczególności na podstawie prowadzonej dokumentacji dotyczącej stosowanych środków ochrony roślin oraz na podstawie wyników monitorowania występowania organizmów szkodliwych.

W przypadku, kiedy 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, pól wraz z planem sytuacyjnym. Wpisywane w części początkowej notatnika informacje powinny uwzględniać ogólne dane dotyczące prowadzonego gospodarstwa, 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. Analizysą 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 dawkąi 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 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 metodycei 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 i zwalczania chwastów. 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.

Przy prowadzeniu integrowanej produkcji (IP), a więc certyfikowanego systemu podlegającemu urzędowej weryfikacji przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin Podczas, podczas przeprowadzanych kontroli inspektorzy PIORIN

weryfikują spełnienie przez profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin wymagań integrowanej ochrony roślin posługując się listą kontrolną obejmującą wymagania podstawowe, dodatkowe oraz zalecenia (tab. 46–48).

Tabela 46. 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?	❑/❑	
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?	❑/❑	
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 47. 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?	❑/❑	

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 48.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		

XV. FAZY ROZWOJOWE KUKURYDZY

W czasie rozwoju kukurydzy można wyróżnić 6 głównych faz rozwojowych. Są to:
– kiełkowanie i wschody,
– rozwój liści,
– wydłużanie się łodygi,
– rozwój wiechy,
– kwitnienie,
– rozwój ziarniaków i ich dojrzewanie.

W czasie formowania poszczególnych faz rozwojowych wyróżnia się mniejsze jednostki fenologiczne, nazywane umownie stadiami rozwojowymi. W Polsce po wejściu w struktury Unii Europejskiej zaczęto przyjmować za BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemical Industry) 100-stopniową skalę rozwojową roślin uprawnych i chwastów. Znajomość klucza ułatwia stosowanie zabiegów ochrony kukurydzy przeciwko chwastom, chorobom i szkodnikom, a także racjonalizację zabiegów agrotechnicznych na plantacjach.

Kukurydza
Zea mays L.

KOD OPIS

Główna faza rozwojowa 0: Kiełkowanie
00 Suchy ziarniak
01 Początek pęcznienia ziarniaków
03 Koniec pęcznienia ziarniaków
05 Korzeń zarodkowy wyrasta z ziarniaka
06 Korzeń zarodkowy wydłuża się, widoczne włośniki i korzenie przybyszowe
07 Pochewka liściowa (koleoptyl) wydostaje się z ziarniaka
09 Pochewka liściowa (koleoptyl) przebija się na powierzchnię gleby (pękanie gleby)

Główna faza rozwojowa 1: Rozwój liści[1, 2]
10 Z koleoptyla powstaje pierwszy liść
11 Faza 1 liścia
12 Faza 2 liścia

13 Faza 3 liścia
1 . Fazy trwają aż do ...
19 Faza 9 lub więcej liści

Główna faza rozwojowa 3: Rozwój źdźbła (wydłużanie pędu)
30 Początek wzrostu źdźbła
31 Faza 1 kolanka
32 Faza 2 kolanka
33 Faza 3 kolanka
3 . Fazy trwają aż do ...
39 Faza 9 lub więcej kolanek[3]

Główna faza rozwojowa 5: Rozwój wiechy, kłoszenie
51 Początek ukazania się wiechy
53 Widoczny wierzchołek wiechy
55 Wiecha wysunięta do połowy, środek wiechy zaczyna się rozdzielać
59 Wiecha całkowicie widoczna i w pełni ukształtowana

Główna faza rozwojowa 6: Kwitnienie, zapłodnienie
61 (M) Widoczne pręciki w kłoskach środkowej części
(F) Kolba wyłania się z pochwy liściowej
63 (M) Początek pylenia
(F) Widoczne znamiona słupków
65 (M) Kwitnienie górnej i dolnej części wiechy
(F) Znamiona słupków całkowicie wykształcone
67 (M) Pełnia kwitnienia
(F) Obumieranie znamion i szyjek słupków (brązowienie)
69 Koniec fazy kwitnienia: znamiona i szyjki słupków suche (obumarłe)

Główna faza rozwojowa 7: Rozwój ziarniaków
71 Rozwój pierwszych ziarniaków o konsystencji wodnistej, zawierają około 16% suchej masy
73 Początek dojrzałości mlecznej ziarniaków
75 Pełna dojrzałość mleczna ziarniaków, zawierają około 40% suchej masy
79 Ziarniaki osiągają typową wielkość

Główna faza rozwojowa 8: Dojrzewanie
83 Początek dojrzałości woskowej ziarniaków, ziarniaki miękkie zawierają około 45% suchej masy
85 Pełna dojrzałość woskowa ziarniaków, ziarniaki o typowym zabarwieniu zawierają około 55% suchej masy

87 Dojrzałość fizjologiczna, widoczne czarne punkty u podstawy ziarniaka zawierają około 60% suchej masy

89 Dojrzałość pełna, ziarniaki twarde i błyszczące zawierają około 65% suchej masy

Główna faza rozwojowa 9: Zamieranie

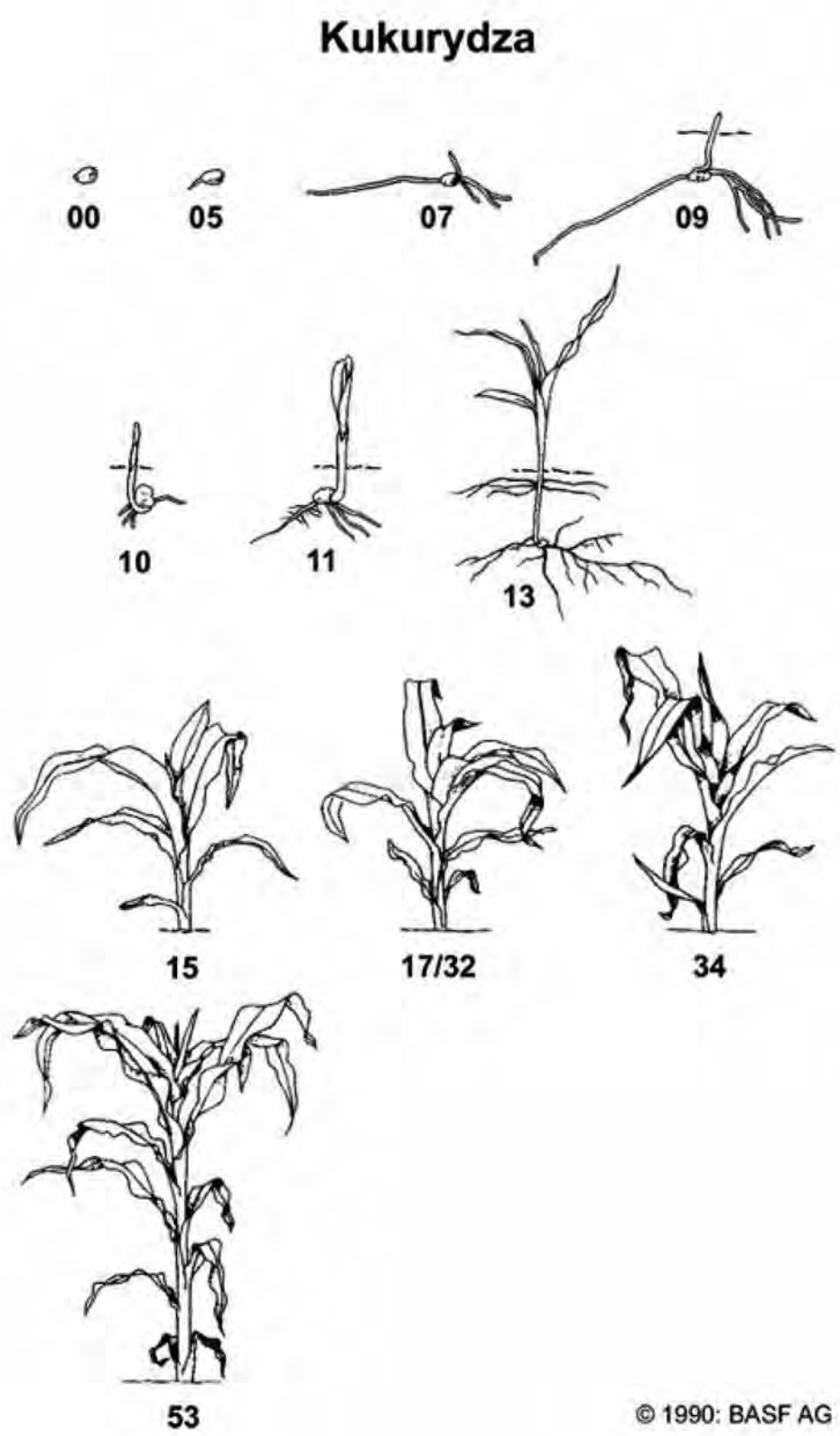
97 Roślina więdnie i zamiera

99 Zebrane kolby kukurydzy, ziarno, okres spoczynku

[1]Liść jest rozwinięty wówczas, gdy widoczny jest jego języczek (ligula) lub szczyt następnego liścia

[2]Wydłużanie pędu może mieć miejsce wcześniej niż w fazie 19, wówczas kontynuowane jest w głównej fazie rozwojowej 3

[3]Wiecha może pojawić się wcześniej, w tym przypadku jej rozwój jest kontynuowany w głównej fazie rozwojowej 5



XVI. LITERATURA

Adamczewski K., Matysiak K. 2002. Kukurydza *Zea mays* L. s. 20–21. W: Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH (K. Adamczewski, K. Matysiak – tłumaczenie i adaptacja). Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 134 ss.

Adamczyk J. 2004. Hodowla i nasiennictwo kukurydzy. www.kukurydza.org.pl

Adamczyk J. 2005. Genetyczne podstawy hodowli kukurydzy (*Zea mays* L.). s. 279–310. W: „Zarys genetyki zbóż" (A. Górny, red.). T. 2. IGR, Poznań.

Adamczyk J., Rogacki J., Cygert H. 2010. Postęp w hodowli kukurydzy w Polsce. Artykuł przeglądowy. Acta Scientarum Polonorum Agricultura 9 (4): 85–91.

Aldrich S.R., Scott W.O., Leng E.R. 1982. Modern corn production. Publications Station, USA, Illinois, 378 ss.

Al-Kaisi M., Kwaw-Mensah D. 2007. Effect of tillage and nitrogen rate on corn yield and nitrogen and phosphorus uptake in a corn-soybean rotation. Agronomy Journal 99: 1548–1558.

Arbogast R.T., Weaver D.K., Kendra P.E., Chini Sh.R. 2004. Temperature variation in stored maize and its effect on capture of beetles in grain probe traps. Journal of Stored Products Research 40 (2): 135–150.

Baldwin I.T., Preston C.A. 1999. The eco physiological complexity of plant responses to insect herbivores. Planta 208: 137–145.

Barak A.V., Harein P.K. 1982. Trap detection of stored grain insects in farm-stored shelled corn. Journal of Economic Entomology 75: 108–111.

Bartos M., Michalski T. 2006. Nasilenie objawów żerowania omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) na kukurydzy w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 46 (1): 284–292.

Beattie G. A., Marcell L. M. 2002. Comparative dynamics of adherent and nonadherent bacterial populations on maize leaves. Phytopathology 92: 1015–1023.

Bereś P.K. 2008. Przydatność kruszynka w zwalczaniu omacnicy prosowianki. Ochrona Roślin 6: 11–14.

Bereś P.K. 2011a. Mniej znane gatunki z gromady owadów (Insecta) zasiedlające rośliny kukurydzy (*Zea mays* L.) w południowo-wschodniej Polsce w latach 2005–2010. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (1): 21–27.

Bereś P.K. 2011b. The occurrence of aphids (Aphididae) on maize (*Zea mays* L.) in Krzeczowice near Przeworsk (south-eastern Poland) in 2005–2008. Acta Scientarum Polonorum Agricultura 10 (1): 3–12.

Bereś P.K. 2011c. Występowanie oraz szkodliwość rolnic (Agrotinae) dla kukurydzy (*Zea mays* L.) w południowo-wschodniej Polsce w latach 2004–2010. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (2): 593–598.

Bereś P.K. 2012a. Egg laying and caterpillar hatching dynamics of *Ostrinia nubilalis* Hbn. on maize (*Zea mays* L.) in south-eastern Poland. Journal of Plant Protection Research 52 (1): 122–129.

Bereś P.K. 2012b. Distribution of *Ostrinia nubilalis* Hbn. egg clusters on maize plants in south--eastern Poland in 2004–2008. Journal of Plant Protection Research 52 (1): 106–113.

Bereś P.K. 2013. Studium nad doskonaleniem integrowanej ochrony kukurydzy przed zachodnią kukurydzianą stonką korzeniową (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) i omacnicą prosowianką (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin, Poznań, 29, 183 ss.

Bereś P.K. 2014a. Szkodniki w uprawie kukurydzy. Wyd. Bayer CropScience, Warszawa, 128 ss.

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

Bereś P.K. (red.). 2015a. Zachodnia kukurydziana stonka korzeniowa (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), występowanie, biologia, szkodliwość oraz strategia zwalczania. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa, 44 ss.

Bereś P.K. 2015b. The occurrence of aphids on sweet maize in south-eastern Poland. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 14 (6): 39–54.

Bereś P.K. 2015c. The occurrence and harmfulness of *Oscinella frit* L. (Diptera: Chloropidae) to maize cultivars cultivated for grain in south-eastern Poland. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 14 (3): 15–24.

Bereś P.K. 2016a. Omacnica prosowianka bez tajemnic. Kompendium wiedzy. Hortpress, Warszawa, 127 ss.

Bereś P.K. 2016b. Ochrona kukurydzy przed szkodnikami w 2016 roku. Wieś Jutra 2: 42–46.

Bereś P., Lisowicz F. 2005. Przydatność kruszynka (*Trichogramma* spp.) w ochronie kukurydzy przed omacnicą prosowianką (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) w gospodarstwach ekologicznych. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 45 (1): 47–51.

Bereś P.K., Kaniuczak Z., Tekiela A., Mrówczyński M., Pruszyński G., Paradowski A. 2007. Ochrona kukurydzy przed agrofagami w integrowanej produkcji. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (4): 275–284.

Bereś P.K., Pruszyński G. 2008. Ochrona kukurydzy przed szkodnikami w integrowanej produkcji. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 7 (4): 19–32.

Bereś P.K., Górski D. 2012. Effect of earliness of maize cultivars (*Zea mays* L.) on damage caused by *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep., Crambidae). Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 11 (2): 5–17.

Bereś P.K., Konefał T. 2012. Stonka kukurydziana w Polsce – występowanie oraz metody zwalczania. Wieś Jutra 3–4: 58–63.

Bereś P.K., Konefał T. 2013a. Stonka kukurydziana – występowanie i zwalczanie. s. 61–69. W: „Kukurydza – roślina przyszłości spełnia oczekiwania". Poradnik dla Producentów. Wyd. 7. Agroserwis, Warszawa, 96 ss.

Bereś P.K., Konefał T. 2013b. Występowanie *Helotropha leucostigma* Hübner (Lep., Noctuidae) na kukurydzy w okolicach Rzeszowa. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 53 (1): 32–35.

Bereś P.K., Mrówczyński M. (red.). 2013. Metodyka integrowanej ochrony kukurydzy dla producentów. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 67 ss.

Beuve M., Naïbo B., Foulgocq L., Lapierre H. 1999. Irrigated hybrid maize crop yield losses due to barley yellow dwarf virus-PAV luteovirus. Crop Science 39: 1830–1834.

Blecharczyk A., Pudełko J. 1997. Przyszłość monokultur w rolnictwie Europejskim. Acta Academiae Agriculturaeac Technicae Olstenensis 64: 143–155.

Bobek B., Albiński A., Bobek J., Matusik P., Mańko W. 2015. Dynamika liczebności i pozyskania dzików: metody inwentaryzacji i roczny przyrost zrealizowany populacji. s. 9–13. W: Gospodarka łowiecka populacją dzika w mozaice polno-leśnej nadleśnictw położonych w północno-zachodniej części Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Olsztynie (Bobek B., Czyż I.A., red.). Streszczenia Seminarium Braniewo, Nadleśnictwo Zaporowo.

Boczek J., Błaszak C. 2005. Roztocze (Acari) – Znaczenie w życiu i gospodarce człowieka. Wyd. SGGW, Warszawa, 267 ss.

Boczek J., Czajkowska B. 2003. Roztocze – magazynowe i kurzu domowego. Themar Import – Eksport Sp. z o.o., Warszawa, 132 ss.

Boller E., Avilla J., Joerg E., Malavolta C., Wijnands F., Esbjerg P. 2004. Integrated Production. Principles and Technical Guidelines. 3rd Edition. IOBC/WPRS Bulletin 27 (2): 1–49.

Brewczyński P. 2006. Uczulenia na owady (cz. 1). Alergia 3: 35–41.

Brzózka F., Górski T., Kęsik K., Lipski S., Machul M., Madej A. 2001. Kukurydza pastewna na ziarno i CCM. Uprawa i użytkowanie. Instrukcja upowszechnieniowa. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa i Instytut Zootechniki, 62 ss.

Burkholder W.E. 1982. Stored-product insect behavior and pheromone studies: key to successful monitoring and trapping. W: Proceedings of the 3rd International Working Conference on Stored-Product Entomology, October 23–28, 1983, Manhatan, Kansas, USA: 20–33

Burrell N.J. 1967. Grain cooling studies – II: Effect of aeration on infested grain bulks. Journal of Stored Products Research 3 (2): 145–154.

Bytniewska K. 1985. Siapton – dolistny nawóz. Postępy Nauk Rolniczych 32 (5): 27–36.

CABI 2016. Invasive Species Compendium. Datasheets, maps, images, abstracts and full text on invasive species of the world. www.cabi.org/isc/datasheet/10926 [dostęp: 30.10.2016 r.].

Cagan L., Tancik J., Hassan S. 1998. Natural parasitism of the European corn borer eggs *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep., Pyralidae) by *Trichogramma* in Slovakia – need for field releases of the natural enemy. Journal of Applied Entomology 122: 315–318.

Cambri D., Filippini L., Apone F., Arciello S., Colucci G., Portoso D. 2008. Effect of Aminoplantr on expression of selected genes in *Arabidopsis thaliana* L. plants. s. 77–82. W: „Biostimulators in modern agriculture. General aspects" (H. Gawrońska, red.). Wieś Jutra, Warszawa, 89 ss.

Claflin L.E. 2000. Diseases caused by Prokaryotes. W: „Compendium of corn diseases" (D.G. White, red.). s. 3–9. The American Phytopathology Society Press.

Coutinho T.A., Wallis F.M. 1991. Bacterial streak disease of maize (*Zea mays* L.) in South Africa. Journal of Phytopathology 133: 112–120.

Czubiński T., Paradowski A. 2014. Atlas chwastów dla praktyków. Wyd. Top Agrar Polska, Poznań, 288 ss.

Dąbrowski Z.T. 1976. Podstawy odporności roślin na szkodniki. PWRiL, Warszawa, 164 ss.

Dickey R.S., Claffin L.E., Zumoff C.H. 1987. *Erwinia chrysanthemi*: Serological comparisons of strains from *Zea mays* and other hosts. Phytopathology 77: 426–430.

Dolstra O., Marton C., Menzi M., Mohr I., Plienegger D.I., Prończuk M. 1993. Evaluation of recurrent selection for stalk rot resistance in a synthetic maize population. Procceding of maize and sorgum. Eucarpia XVIth Conference, June 6–9, 1993, Bergamo, Italy: 1–7.

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 Ochrony Organizacji Ochrony Roślin. Kodeks DPOOR z komentarzem. Wyd. II uzupełnione i poprawione. ISK Skierniewice. ISBN 978-83-60573-31-0.

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.

Drzewiecki S., Pietryga J. 2010. Efektywność działania herbicydów w dawkach dzielonych, obniżonych, zastosowanych łącznie z adiuwantem w uprawie kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 50 (1): 297–302.

Dubas A. (red.). 2004. Technologia produkcji kukurydzy. Wieś Jutra, Warszawa, 133 ss.

Dubas A., Drzymała S., Mocek A., Owczarzak W., Szulc P. 2012. Wpływ uproszczeń w uprawie roli w wieloletniej monokulturze kukurydzy (*Zea mays*) na właściwości gleby oraz na przebieg wegetacji i plonowanie. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 74 ss.

Duble C.M., Melchinger E.M., Kuntze L., Stork A., Lübberstedt T. 2000. Molecular mapping and gene action of *Scm1* and *Scm2*, two major QTL contributing to SCMV resistance in maize. Plant Breeding 119: 299–303.

Dudek K., Tryjanowski P. 2016. Gryzonie, których można się bać... Poważne źródło zagrożenia sanitarnego. Biuletyn PSPDDiD. Warszawa 3: 15–17.

Dyrektywa 2009. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21.10.2009 roku ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz. U. UE L 309/71 z 24.11.2009 r.).

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

Fiedler Ż., Sosnowska D. 2008. Metody biologiczne w rolnictwie ekologicznym. s. 167–175. W: „Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych" (E. Matyjaszczyk, red.). Instytut ochrony Roślin – PIB, Poznań, 394 ss.

Flinn P.W., Hagstrum D.W., Reed C.R., Phillips T.W. 2007. Stored Grain Advisor Pro: Decision support system for insect management in commercial grain elevators. Journal of Stored Products Research 43 (4): 375–383.

French R., Stenger D.C. 2004. Wheat streak mosaic. s. 693. W: „Viruses and virus diseases of *Poaceae* (*Gramineae*)" (H. Lapierre, P.A. Signoret, red.). INRA, Paris, 857 ss.

Fuchs E. 2004. Sugarcane mosaic. s. 690–692. W: „Viruses and virus diseases of *Poaceae* (*Gramineae*)" (H. Lapierre, P.A. Signoret, red.). INRA, Paris, 857 ss.

Fuchs E., Grüntzig M. 1991. Distinction of different isolates of the Maize dwarf mosaic virus (MDMV) in GDR. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 26 (1–2): 137–146.

Gawrońska H., Przybysz A., Szalacha E., Słowiński A. 2008. Physiological and molecular mode of action of Asahi Sl biostymulator under optimal and stress conditions. s. 54–77. W: „Biostimulators in modern agriculture. Genetal aspects" (H. Gawronska, red.). Editorial House Wieś Jutra, Warszawa, 89 ss.

Giester L.J., Rees J.M. 2004. Bacterial Diseases of Corn. Clay/Webster, St. Paul, MN, USA.

Głowaciński Z., Okarma H., Pawłowski J., Solarz W. 2016. Gatunki obce w faunie Polski. http://www.iop.krakow.pl/gatunkiobce/default.asp?nazwa=default&je=pl, IOP PAN 2008–2014, Kraków [dostęp: 30.11.2016 r.].

Godyń A., Doruchowski G. 2009. Poradnik mycie opryskiwaczy. Publikacja w ramach projektu LIFE05ENV/B/000510 pt: „Szkolenie operatorów opryskiwaczy w celu zapobiegania skażeniom miejscowym". ISiK, Skierniewice, 22 ss.

Gołębiowska Z., Nawrot J. 1976. Szkodniki magazynowe. PWRiL, Warszawa, 274 ss.

Gołębiowska H., Rola H. 2003. Ocena skuteczności działania herbicydu Callisto 100 EC w zwalczaniu chwastów jedno- i dwuliściennych na plantacji kukurydzy. Progress in Plant Protection/ /Postępy w Ochronie Roślin 43 (2): 645–647.

Gordon D.T. 2004. Maize dwarf mosaic. s. 644–649. W: „Viruses and virus diseases of *Poaceae* (*Gramineae*)" (H. Lapierre, P.A. Signoret, red.). INRA, Paris, 857 ss.

Goszczynska T., Botha W.J., Venter S.N., Coutinho T.A. 2007. Isolation and identification of the causal agent of brown stalk rot, a new disease of maize in south Africa. Plant Disease 91: 711–718.

Goto M. 1990. Fundamentals of bacterial plant pathology. Academic Press, inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, New York.

Grzebisz W. 2002. Proekologiczne i efektywne ekonomicznie technologie nawożenia kukurydzy na ziarno. Materiały szkoleniowe. DWODR z/s w Świdnicy, 15 ss.

Grzebisz W. 2008. Nawożenie roślin uprawnych. Tom 1. Podstawy nawożenia. PWRiLPoznań, 424 ss.

Grzebisz W. 2009. Nawożenie roślin uprawnych. Tom 2. Nawozy i systemy nawożenia. PWRiL, Poznań 375 ss.

Grzebisz W. 2012. Technologie nawożenia roślin uprawnych-fizjologia plonowania. Tom 2. Zboża i kukurydza. PWRiL Poznan, 280 ss.

Grzebisz W., Gugała Z. 1999. Zmiany w technice nawożenia roślin uprawnych – podstawy teoretyczne i możliwe rozwiązania praktyczne. Materiały Konferencyjne VI Międzynarodowe Sympozjum: Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia ochrony roślin i uprawy gleby. IBMER, 23–24 września, Warszawa: 59–68.

GUS 2013. Wyniki produkcji roślinnej w 2012 roku. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 113 ss.

GUS 2014. Wyniki produkcji roślinnej w 2013 roku. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 98 ss.

GUS 2015. Wyniki produkcji roślinnej w 2014 roku. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 94 ss.

GUS 2016. Wyniki produkcji roślinnej w 2015 roku. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 92 ss.

Hagstrum D.W., Flinn P.W. 2014. Modern stored-product insect pest management. Journal of Plant Protection Research 54 (3): 205–210.

Hagstrum D.W., Subramanyan B. 2006. Fundamentals of Stored-Products Entomology. St. Paul, Minnesota. USA. AACC International, 306 ss.

Hagstrum D.W., Phillips T.W., Cuperus G. 2012. Stored Product Protection. Kansas State Research and Extension, 350 ss.

Häni F., Popow G., Reinhard H., Schwarz A., Tanner K., Vorlet M. 1998. Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej. PWRiL, Warszawa, 133 ss.

Hell K., Mutegi C., Fandohan P. 2010. Aflatoxin control and prevention strategies in maize for Sub--Saharan Africa. 10th International Working Conference on Stored Product Protection. Julius--Kühn-Archiv, Germany 425: 534–541.

Hirano S.S., Charkowski A.O., Collmer A., Willis D.K., Upper C.D. 1999. Role of the Hrp type III protein secretion system in growth of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* B728a on host plants in the field. Microbiology 96: 9851–9856.

Hoffman H., Stindl S., Ludwig W., Stumpf A., Mehlen A., Heesemann J., Monget D., Schleifer K.H., Roggenkamp A. 2005. Reassignment of *Enterobacter dissolvens* to *Enterobactercloaceae* as *Enterobactercloaceae* subsp. *dissolvens* comb. nov. and emended description of *Enterobacterasburiae* and *Enterobacterkobei*. Systematic and Applied Microbiology 28: 196–205.

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

Ignatowicz S., Olejarski P. 2007. Implementation of methyl bromide alternatives in Poland. Book of abstract. IOBC/WPRS Bulletin 40: 17–18.

Ignatowicz S., Olejarski P. 2008. Implementation of methyl bromide alternatives in Poland. In Integrated Protection of Stored Production. IOBC/WPRS Bulletin 40: 3–7.

Ignatowicz S., Olejarski P. 2011. Problem odporności szkodników magazynowych na fosforowodór. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (4): 1537–1554.

Inch S., Gilbert J. 2003. The incidence of Fusarium species recovered from inflorescences of wild grasses in southern Manitoba. Canadian Journal of Plant Pathology 25: 379–383.

Indvardsen C., Xing Y., Xu M., Lübberstedt T. 2005. Molecular analysis of *sugarcane mosaic virus* resistance in maize. Parasitica 61 (1): 61–66.

Ivanović D., Osler R., Katis N., Ivanović M., Ignjatović D. 1995. Principal maize viruses in Mediterranean countries. Agronomie 15: 443–446.

Janowicz L. 2015. Ziarno kukurydzy pod specjalnym nadzorem. Kukurydza – Poradnik dla producentów. Wyd. 8. Agro Serwis, Warszawa: 93–96.

Janowicz L., Bochat P. 2009. Suszenie ziarna kukurydzy. Kukurydza – nowe perspektywy. Wyd. 5. Agro Serwis, Warszawa: 64–69.

Jarošová J., Chrpová J., Šíp V., Kundu J.K. 2013. A comparative study of the *Barley yellow dwarf virus* species PAV and PAS: distribution, accumulation and host resistance. Plant Pathology 62: 436–443.

Jazic P., Sulewska H. 2007. Zagrożenia wynikające z uprawy kukurydzy w monokulturze. Poradnik Gospodarski 2: 26–27.

Jeżewska M., Wieczorek M. 1999. Some properties of an isolate of *Brome mosaic virus*. Phytopathology Polonica 17: 23–30.

Kania C. 1962a. Szkodliwa entomofauna kukurydzy obserwowana w okolicach Wrocławia w latach 1956–1959 (cz. I). Polskie Pismo Entomologiczne, Seria B, 1–2 (25–26): 53–69.

Kania C. 1962b. Szkodliwa entomofauna kukurydzy obserwowana w okolicach Wrocławia w latach 1956–1959 (cz. II). Polskie Pismo Entomologiczne, Seria B, 3–4 (27–28): 183–216.

Kaniuczak Z., Pruszyński S. (red.). 2007. Integrowana produkcja kukurydzy. Instytut Ochrony Roślin– PIB, Poznań, 78 ss.

Kapusta G., Krausz R., Matthews J. 1996. Corn yield is equal in conventional, reduced in no tillage after 20 years. Agronomy Journal 88: 812–817.

Kierzek R., Adamczewski K. 2008. Możliwości łącznego stosowania wybranych mieszanin herbicydów w kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 48 (3): 1146–1149.

Kierzek R., Miklaszewska K. 2009. Redukcja zachwaszczenia kukurydzy poprzez stosowanie herbicydów z adiuwantami oraz różnymi technologiami uprawy. Progress in Plant Protection/ Postępy w Ochronie Roślin 49 (2): 811–818.

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

Kierzek R., Paradowski A., Krawczyk R. 2011a. Effectiveness of weed control in maize (*Zea mays* L.) depending on the date and method of herbicide application. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 10 (2): 57–73.

Kierzek R., Paradowski A., Sip D. 2011b. Możliwości wykorzystania mezotrionu z nikosulfuronem w mieszaninach zbiornikowych z innymi herbicydami w uprawie kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (4): 1842–1848.

Kierzek R., Paradowski A. 2012. Czy dzielić dawki herbicydów? Kukurydza w mistrzowskiej uprawie. Top Agrar – poradnik eksperta: 118–120.

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

Kierzek R., Dubas M., Matysiak K. 2013. Wpływ łącznego stosowania biostymulatora Aminoplant z herbicydami na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego. Progress in Plant Protection/ /Postępy w Ochronie Roślin 53 (3): 621–626.

Klepzig K.D., Raffa K.F., Smalley E.B. 1991. Association of an insect-fungal complex with red pine decline in Wisconsin. Forest Science 37: 1119–1139.

Knepp R.G., Hamilton J.G., Mohan J.E., Zangerl A.R., Berenbaum M.R., DeLucia E.H. 2005. Elevated CO_2 reduces leaf damage by insect herbivores in a forest community. New Phytologist 167: 207–218.

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

Korbas M. 2006. Głownie kukurydzy i inne choroby – szkodliwość i możliwości zwalczania. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 46 (1): 354–357.

Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J. (red.). 2013. Zapobieganie powstawaniu mikotoksyn – rośliny rolnicze. Ekspertyza dla Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi opracowana przez Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 56 ss.

Korbas M., Czubiński T., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Danielewicz J. 2015. Atlas chorób roślin rolniczych dla praktyków. Polskie Wydawnictwo Rolnicze, Poznań, 368 ss.

Korbas M., Jajor E., Horoszkiewicz-Janka J., Danielewicz J. 2016. Atlas chorób roślin rolniczych. Hortpress, Warszawa, 212 ss.

Kozłowski J., Kozłowski R.J. 2003. Zagrożenie rzepaku ozimego przez ślimaki (Gastropoda: Pulmonata) i metody ich zwalczania. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 24 (2): 659–669.

Krawczyk K., Kamasa J., Zwolinska A., Pospieszny H. 2010. First report of Pantoea ananatis associated with leaf spot disease of maize in Poland. Journal of Plant Pathology 92 (3): 807–811.

Krawczyk K., Kamasa J., Zwolińska A., Maćkowiak-Sochacka A. 2011. Występowanie, charakterystyka i diagnostyka chorób bakteryjnych kukurydzy w Polsce. Progress in Plant Protection/ /Postępy w Ochronie Roślin 51 (2): 656–661.

Krebs H., Streit B., Forrer H.-R. 2000. Effect of tillage and preceding crops on *Fusarium* infection and deoxynivalenol content of wheat. s. 13. W: IFOAM 200: The World Grows Organic (T. Alföldi, red.). Proceedings 13th International Federation of Organic Agricultural Movements, Basel, Switzerland, August 28–31, 2000.

Kruczek A. 2005a. Wpływ dawek azotu i sposobów stosowania nawozów azotowych i nawozu wieloskładnikowego na plonowanie kukurydzy. Pamiętnik Puławski 140: 129–138.

Kruczek A. 2005b. Wpływ nawożenia rzędowego różnymi rodzajami nawozów na plonowanie kukurydzy. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 4 (2): 37–46.

Kruczek A. 2011. Wpływ terminu siewu kukurydzy cukrowej oraz sposobu nawożenia azotem i fosforem na wybrane agrofagi. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (3): 1314–1318.

Kruczek A., Szulc P. 2005. Wpływ wielkości dawki fosforu, rodzaju nawozu i sposobu nawożenia na plonowanie kukurydzy. Pamiętnik Puławski 140: 149–157.

Kruczek A., Michalski T., Bartos M. 2007. Wpływ sposobu nawożenia azotem na zdrowotność kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (1): 56–60.

Księżak J. 2008. Regionalne zróżnicowanie uprawy kukurydzy w Polsce w latach 2000–2006. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 7 (4): 47–60.

Kucharczyk H., Bereś P.K., Dąbrowski Z.T. 2011. The species composition and seasonal dynamics of thrips (*Thysanoptera*) populations on maize (*Zea mays* L.) in southeastern Poland. Journal of Plant Protection Research 51 (3): 210–216.

Kuntze L., Fuchs E., Grüntzing M., Schultz B., Klein D., Melchinger A.E. 1997. Resistance of early--maturing European maize germplasm to sugarcane mosaic virus (SCMV) and maize dwarf mosaic virus (MDMV). Plant Breeding 116: 499–501.

Lamboni Y., Hell K. 2009. Propagation of mycotoxigenic fungi in maize stores by post-harvest insects. International Journal of Tropical Insect Science 29 (1): 31–39.

Lamka G.L., Hill J.H., McGee D.C., Braun E.J. 1991. Development of an immunosorbent assay for seedborne *Erwinia stewartii* in corn seeds. Phytopathology 81: 839–846.

Lapierre H., Signoret P.A. 2004. Virus diseases of maize (*Zea mays* L.). s. 617. W: „Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae)" (H. Lapierre, P.A. Signoret, red.). INRA, Paris, 857 ss.

Lisowicz F. 1982. Ploniarka zbożówka na kukurydzy. Część I. Rozwój szkodnika. Ochrona Roślin 3: 3–7.

Lista 2008. Lista opisowa odmian 2008. Cz. 1. Rośliny Rolnicze. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Rolniczych, Słupia Wielka, 144 ss.

Lista 2016. Lista opisowa odmian roślin rolniczych 2016. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Rolniczych, Słupia Wielka, 188 ss.

Loi N., Osler R., Lapierre H. 2004. Barley yellow dwarf associated to BYDV-PAV virus. s. 618–620. W: „Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)" (H. Lapierre, P.A. Signoret, red.). INRA, Paris, 857 ss.

Majewski A. 2016. Reakcja kukurydzy na stres suszy i upały. Kukurydza 1 (48): 40–46.

Mallis A. 2004. Handbook of pest control. Ninth edition. GIE Media, Inc., 1397 ss.

Matysiak K., Adamczewski K., Kaczmarek S. 2011. Wpływ biostymulatora Asahi SL na plonowanie i wybrane cechy ilościowe i jakościowe niektórych roślin rolniczych uprawianych w warunkach Wielkopolski. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (6): 1849–1857.

Mason L.J., Maier D.E., Adams W.H., Obermeyer J.L. 1995. Pest management of stored maize using chilled aeration a Midwest United States perspective. Proceedings of the 6th Internatinal Working Conference on Stored-Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks, B.R. Camp, red.) 1: 312–317.

McNaughton S.J. 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. American Naturalist 113: 691–703.

McNaughton S.J. 1985. Interactive regulation of grass yield and chemical properties by defoliation, a salivary chemical and inorganic nutrition. Oecologia 65: 478–486.

Meikle W.G., Holst N., Degbey P., Oussou R. 2000. Evaluation of sequential sampling plans for the larger grain borer (Coleoptera: Bostrichidae) and the maize weevil (Coleoptera: Curculionidae) and of visual grain assessment in west Africa. Journal of Economic Entomology 93 (6): 1822–1831.

Mergaert J., Verdonck L., Kresters K. 1993. Transfer of *Erwinia ananas* (synonym, *Erwinia uredovora)* and *Erwinia stewartii* to the genus *Pantoea* emend. as *Pantoea ananas* (Serrano 1928) comb. nov. and *Pantoea stewartii* (Smith 1898) comb. nov., respectively, and description of *Pantoea stewartii* subsp. *indologenes* subsp. nov. International Journal of Systematic Bacteriology 43: 162–173.

Michalski T., Kruczyńska H., Kowalik I. 2002. Yields and quality of ensilaging maize depending on the cultivar and mowing height at harvest. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 1 (2): 83–92.

Michalski T. 2007. Racjonalne suszenie ziarna kukurydzy. Kukurydza nowe możliwości – poradnik dla producentów. Wyd. 4. Agro Serwis, Warszawa: 69–82.

Michalski T. 2013. Ograniczyć koszty suszenia. Kukurydza. Syngenta, Warszawa: 41–44.

Mills A. 1989. Spoilage and heating of stored agricultural products. Prevention, detection, and control. Publ. 1823E. Ottawa, Ontario, Agriculture Canada, 98 ss.

Mise K., Pocsai E. 2004. Brome mosaic. s. 735–739. W: „Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae)" (H. Lapierre, P.A. Signoret, red.). INRA, Paris, 857 ss.

Mladenova Y.I., Maini P., Mallegni C., Goltsev V., Vladova R., Vinarova K., Rotcheva S. 1998. Siapton – an amino-acid-based biostimulant reducing osmostress metabolic changes in maize. Agro Food Industry Hi-Tech 9 (6): 18–22.

Morales-Valenzuela G., Silva-Rojas H.V., Ochoa-Martínez D., Valadez-Moctezuma E., Alarcón--Zúńiga B., Zelaya-Molina L.X., Córdova-Téllez L., Mendoza-Onofre L., Vaquera-Huerta H., Carballo-Carballo A., Farfán-Gómez A., Ávila-Quezada G. 2007. First report of *Pantoea agglomerans* causing leaf blight and vascular wilt in maize and sorghum in Mexico. Plant Diseases 91: 1365.

Mrówczyński M., Boroń M., Wachowiak H., Zielińska W. 2004. Atlas szkodników kukurydzy. Syngetna, Warszawa, Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 78 ss.

Mrówczyński M. (red.). 2013. Integrowana ochrona upraw rolniczych. Zastosowanie integrowanej ochrony. Tom 2. PWRiL, Poznań, 286 ss.

Mrówczyński M., Korbas M., Kierzek R., Bereś P.K., Piszczek J. 2014. Metodyki integrowanej ochrony roślin jako narzędzie transferu wiedzy do praktyki rolniczej. 54. Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 6–7 lutego 2014. Streszczenia, s. 33.

Mullen M.A., Arbogast R.T. 1984. Low temperature to control stored product insect. W: „Insect management for food storage and processing" (F.J. Bauer, red.): 257–264.

Nawrot J., Olejarski P. 2007. Alternatywne metody zwalczania owadzich szkodników magazynowych. Fragmenta Agronomica 4: 32–40.

Obrtel R., Holisova V. 1983. Effects of a stimulated damage done to maize plants by roe deer *Capreolus capreolus*. Folia Zoologica 32: 33–39.

Olejarski P. 2008. Profilaktyka jest najtańsza. Higiena i Pest Control 4: 26–28.

Olejarski P. 2009. Wołek zbożowy – szkodnik zmagazynowanego ziarna. http://szkodniki.waw.pl/artykuł/wolek-zbozowy [dostęp: 30.10.2016].

Olejarski P. 2010a. Rozwój i doskonalenie fizycznych metod wykrywania owadów – szkodników przechowywanych zbóż. Postępy Nauk Rolniczych/Advances in Agricultural Science 1: 123–136.

Olejarski P. 2010b. Rozwój i doskonalenie chemicznych metod wykrywania owadów – szkodników przechowywanych zbóż. Postępy Nauk Rolniczych/Advances in Agricultural Science 1: 137–145.

Olejarski P. 2013. Monitoring i zwalczanie szkodników w obiektach magazynowych w Polsce. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 53 (3): 455–461.

Olejarski P., Horoszkiewicz-Janka J., Bocianowski J. 2010. Wpływ grzybów zasiedlających ziarno zbóż na żerowanie i rozwój wołka zbożowego (*Sitophilus granarius* L.). Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 50 (4): 1711–1718.

Olejarski P., Ignatowicz S. 2011. Integrowana metoda zwalczania szkodników magazynowych podstawą zapewnienia wysokiej jakości przechowywanego ziarna zbóż. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (4): 1879–1885.

Olejarski P., Węgorek P. 2013. Odporność szkodników magazynowych na substancje czynne insektycydów stosowanych w Polsce do ochrony magazynowanego ziarna. Progress in Plant Protection 53 (2): 249–256.

Paccola-Meirelles L.D., Ferreira A.S., Meirelles W.F., Marriel I.E., Castela C.R. 2001 Detection of a bacterium associated with a Leaf spot disease of maize in Brazil. Journal of Phytopathology 149: 275–279.

Paradowski A. 2013. Atlas chwastów. Plantpress, Kraków, 229 ss.

Paradowski A. 2015a. Atlas chwastów. Hortpress, Warszawa, 208 ss.

Paradowski A. 2015b. Herbologia w tabelach. Osadkowski, Oleśnica, 508 ss.

Paradowski A., Praczyk T. 2005. Ocena działania mezotrionu (Callisto 100 SC) na chwasty w uprawie kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 45 (2): 978–981.

Park S.W., Kaimoyo E., Kumar D., Mosher S., Klessing D.F. 2007. Methyl salicylate is a critical mobile signal for plant systemic acquired resistance. Science 318: 113–116.

Pataky J.K., du Toit L.J., Kerns M.R. 1997. Bacterial leaf blight on *shrunken-2* sweet corn. Plant Disease 81: 1293–1298.

Pérezy-Terrón R., Villegas M.C., Cuellar A., Muñoz-Rojas J., Castañeda-Lucio M., Hernández-Lucas I., Bustillos-Cristales R., Bautista-Sosa L., Munive J.A., Caicedo-Rivas R., Fuentes-Ramírez L.E. 2009. Detection of *Pantoea ananatis*, causal agent of leaf spot disease of maize, in Mexico. Australasian Plant Disease Note 4: 96–99.

Pereyra S.A., Dill-Macky R. 2008. Colonization of the residues of diverse plant species by Gibberella zeae and their contribution to Fusarium head blight inoculum. Plant Disease 92: 800–807.

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

Piechota T. 2011. Reakcja kukurydzy na pasową uprawę roli w warunkach niedoborów wody. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 559: 153–160.

Piechota T., Kowalski M., Sawinska Z., Majchrzak L. 2014. Ocena przydatności pasowej uprawy roli do doglebowej aplikacji płynnych nawozów organicznych w uprawie kukurydzy. Fragmenta Agronomica 31 (1): 74–82.

PIORiN 2016. Integrowana produkcja roślin. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa. http://piorin.gov.pl/integrowana-produkcja/ [dostęp: 15.10.2016].

Podkówka Z. 2007. Produkcja kiszonki z całych roślin kukurydzy. Kukurydza nowe możliwości – poradnik dla producentów. Wyd. 4. Agro Serwis, Warszawa: 83–86.

Podkówka Z. 2011. Kisimy kukurydzę. Dodatek pisma Agro Serwis. Biznes – Press Warszawa: 65–68.

Podkówka Z. 2013. Złote zasady przygotowania kiszonki. Kukurydza. Syngenta, Warszawa: 48–49.

Prończuk M., Bojanowski J., Warzecha R., Laudański Z. 2007. Badania nad odpornością kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg. Część I. Ocena podatności odmian mieszańcowych w warunkach infekcji naturalnej. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 245: 155–169.

Pruszyński S. (red.). 2004. Zachodnia kukurydziana stonka korzeniowa, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa, 23 ss.

Pruszyński S., Wolny S. (red.). 2009. Przewodnik dobrej praktyki ochrony roślin. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 80 ss.

Pruszyński G., Skubida P. 2012. Dobra praktyka ochrony roślin. Ochrona zapylaczy podczas stosowania środków ochrony roślin. Ekspertyza Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 46 ss.

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

Pruszyński S., Pruszyński G. 2013. Zrównoważone stosowanie pestycydów. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego 2: 23–39.

Ptaszyńska G., Sulewska H. 2008a. Wpływ terminu zbioru na skład chemiczny ziarna sześciu mieszańców kukurydzy. Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorgo (T. Michalski, red.). Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań: 97–99.

Ptaszyńska G., Sulewska H. 2008b. Wartość technologiczna ziarna mieszańców kukurydzy o różnej wczesności w zależności od terminu zbioru. Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorgo (T. Michalski, red.). Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań: 224–227.

Radzyńska S., Szymańczak T. 2013. Koszty uprawy kukurydzy – oszczędzać czy nie? Kukurydza roślina przyszłości spełnia oczekiwania. Wyd. 7. Agro Serwis, Warszawa: 24–30.

Reid L.M., Hamilton R.I. 1996. Effects of inoculation position, timing, macroconidial concentration, and irrigation on resistance of maize to *Fusarium graminearum* infection through kernels. Canadian Journal of Plant Pathology 18: 279–285.

Reid L.M., Hamilton R.I., Mather D.E. 1996. Screening maize for resistance to gibberella ear rot. Agriculture and Agri - Food Canada Technical Bulletin Publication: 196–205.

Ribeiro R. de L.D., Durbin R.D., Arny D.C. Uchytil T.F. 1997. Characterization of the bacterium inciting chocolate spot of corn. Phytopathology 67: 1427–1431.

Richards J.H., Caldwell M.M. 1985. Soluble carbohydrates, concurrent photosynthesis and efficiency in regrowth following defoliation: a field study with *Agropyron* species. Journal of Applied Ecology 22: 907–920.

Rosen H.R. 1926. Bacterial stalk rot of corn. Phytopathology 16: 241–267.

Ryniecki A. 2005. Dwuetapowe suszenie kukurydzy. Kukurydza rośliną przyszłości. Wyd. 3. Agro Serwis, Warszawa: 62–64.

Radzyńska S., Szymańczak T. 2013. Koszty uprawy kukurydzy – oszczędzać czy nie? Kukurydza roślina przyszłości spełnia oczekiwania. Wyd. 7. Agro Serwis, Warszawa: 24–30.

Rola J., Rola H. 1996. Problemy zwalczania chwastów we współczesnym rolnictwie. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu 290: 153–163.

Rozporządzenie 2009. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady WE nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin. Dz. U. UE L 309 z 24.11.2009 r.

Rozporządzenie 2010. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 grudnia 2010 r. w sprawie integrowanej produkcji (Dz. U. Nr 256 poz. 1722).

Rozporządzenie 2014. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie warunków stosowania środków ochrony roślin (Dz. U. poz. 516).

Rozporządzenie 2013a. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 7 marca 2013 r. w sprawie badania sprawności technicznej opryskiwaczy (Dz. U. poz. 416).

Rozporządzenie 2013b. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 marca 2013 r. w sprawie wymagań technicznych dla opryskiwaczy (Dz. U. poz. 415).

Rozporządzenie 2013c. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 kwietnia 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie integrowanej produkcji (Dz. U. poz. 452).

Rozporządzenie 2013d. Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie rozwiązań technicznych, jakie powinny być zastosowane podczas wykonywania zabiegów z zastosowaniem środków ochrony roślin przy użyciu sprzętu agrolotniczego (Dz. U. poz. 504).

Rozporządzenie 2013e. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin (Dz.U. poz. 505).

Rozporządzenie 2013f. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 maja 2013 r. w sprawie szkoleń w zakresie środków ochrony roślin (Dz. U. poz. 554).

Rozporządzenie 2013g. 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. poz. 625).

Ryniecki A. 2005. Dwuetapowe suszenie kukurydzy. Kukurydza rośliną przyszłości. Wyd. 3. Agro Serwis, Warszawa: 62–64.

Ryniecki A., Szymański P. 1998. Dobrze przechowane zboże. Praca zbiorowa. MR INFO. Towarzystwo Umiejętności Rolniczych, Poznań, 100 ss.

Salha H., Kalinović I., Ivezić M., Rozman V., Liška A. 2009. Application of low temperatures for pests control in stored maize. Proceedings of the 5th International Congress Flour-Bread '09 (Z. Ugarčić-Hardi, M. Jukić, D.K. Komlenić, M. Planinić, L. Obad) 7th Croatian Congress of Cereal Technologists, Opatija, Croatia, October 21–23, 2009. Ref. 11: 608–616.

Sandner H. 1961. Owady – szkodniki spichrzów i magazynów. PWN, Warszawa, 240 ss.

Schaafsma, A. 2001. Agronomic considerations for reducing deoxynivalenol in wheat grain. Canadian Journal of Plant Pathology 23: 279–285.

Schwartz H.F., Otto K.L., Gent D.H. 2003. Relation of temperature and rainfall to development of *Xanthomonas* and *Pantoea* leaf blights of onion in Colorado. Plant Disease 87: 11–14.

Siekaniec Ł., Bereś P.K. 2016. Ochrona kukurydzy przed chorobami w 2016 roku. Wieś Jutra 2: 37–41.

Sinha R.N., Watters F.L. 1985a. Insect pest of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control. Research Braanch Agriculture Canada, No. 1776, 290 ss.

Sinha R.N., Watters F.L. 1985b. Physical and chemical control of stored product insect. W: „Insect pest of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control" (R.N. Sinha F.L. Watters, red.): 57–74.

Siuda A. 2013. Suszenie kukurydzy – Cięcie kosztów. Rolnik Dzierżawca 10 (199): 79–81.

Skrzypczak G., Pudełko J., Blecharczyk A. 1998. Ocena działania herbicydów i adiuwantów w uprawie kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 38 (2): 698–700.

Skrzypczak G., Pudełko J., Waniorek W. 2007. Assessment of the tank mixture of mesotrione and penhoxamid plus terbuthylazine efficacy for weed control in maize (*Zea mays* L.). Journal of Plant Protection Research 47 (4): 375–381.

Smidt M.L., Vidaver A.K. 1986. Differential effects of lithium chloride on in vitro growth of *Clavibacter michiganense* subsp. *nebraskense* depending upon inoculum source. Applied and Environmental Microbiology 52 (3): 591–593.

Snopczyński T., Gołębiowska H. 2008. Ocena skuteczności chwastobójczej mieszaniny mezotrion + terbutyloazyna + S-metolachlor w uprawie kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 48 (2): 674–677.

Sobek E.A., Munkvold G.P. 1999. European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernels. Journal of Economic Entomology 92 (3): 503–509.

Solarski T. 2013. Zagospodarowanie kukurydzy. Kukurydza roślina przyszłości spełnia oczekiwania. Poradnik dla producentów. Wyd. 7. Agro Serwis, Warszawa: 77–80.

Sosnowska D., Fiedler Ż. 2013. Metody biologiczne i ochrona organizmów pożytecznych. s. 45–49. W: „Integrowana ochrona upraw rolniczych. Podstawy integrowanej ochrony". Tom 1. (M. Mrówczyński, red). PWRiL, Poznań, 153 ss.

Sulewska H. 1990. Kształtowanie się plonów kukurydzy pod wpływem zmiennego rozmieszczenia roślin. PTPN 69: 143–151.

Sulewska H. 2004a. Wpływ zaprawiania insektycydami nasion kukurydzy na plon, skład chemiczny ziarna oraz na efekt ekonomiczny. Pamiętnik Puławski 135: 295–303.

Sulewska H. 2004b. Zasiać kukurydzę w dobrze doprawioną glebę.. Top Agrar Polska 4: 102–104.

Sulewska H. 2005. Wczesny siew kukurydzy to dobry początek. Top Agrar Polska 4: 114–116.

Sulewska H. 2008a. Kukurydza w monokulturze – zagrożenia. Poradnik Rolnika – Agrotechnika 3: 22–24.

Sulewska H. 2008b. Pozorne oszczędności na ziarnie Poradnik Rolnika – Agrotechnika 3: 28–29.

Sulewska H. 2008c. Obserwuj czarną plamkę. Rolnik Dzierżawca 9 (138): 44–48.

Sulewska H. 2013. Wskazany rzadszy siew kukurydzy. Farmer 4: 44–47.

Sulewska H., Ptaszyńska G., Buśko M., Perkowski J. 2005. Zawartość mikotoksyn w ziarnie kukurydzy (*Zea mays* L.) w zależności od terminu zbioru. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 45 (2): 1117–1119.

Sulewska H., Koziara W., Ptaszyńska G. 2006. Badania nad reakcją odmian kukurydzy na opóźnianie terminu zbioru. Pamiętnik Puławski 142: 491–503.

Sulewska H., Ptaszyńska G. 2007. Podatność odmian kukurydzy na ploniarkę zbożówkę (*Oscinella frit* L.) i omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (4): 220–223.

Sulewska H., Koziara W., Panasiewicz K., Jazic P. 2007a. Efekty stosowania nawozów naturalnych w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 52 (4): 75–79.

Sulewska H., Koziara W., Panasiewicz K., Jazic P. 2007b. Porażenie roślin kukurydzy grzybem *Ustilago zeae* Unger. w zależności od zastosowanych nawozów naturalnych Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (2): 348–351.

Sulewska H., Koziara W., Ptaszyńska G., Panasiewicz K. 2008. Segregacja transgresyjna w pokoleniu F_2 mieszańców kukurydzy uprawianych na ziarno i kiszonkę. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 7 (3): 115–123.

Sulewska H., Koziara W., Śmiatacz K., Szymańska G. 2013a. Wpływ gęstości siewu na plonowanie odmian kukurydzy o różnej klasie wczesności. Nauka Przyroda Technologie 7 (3): 1–11.

Sulewska H., Szymańska G., Śmiatacz K., Sobieszczański R., Szulc P. 2013b. Efekty transgresywne w składzie chemicznym pokolenia F2 odmian mieszańcowych kukurydzy w uprawie na kiszonkę. Fragmenta Agronomica 30 (4): 164–172.

Sulewska H., Koziara W., Szymańska G., Jazic P. 2014a. Rola materii organicznej w ograniczaniu ujemnych skutków uprawy kukurydzy w monokulturze. Materiały Konferencyjne „Produkcja roślinna w wielofunkcyjnym rozwoju rolnictwa". Baranów Sandomierski, 10–13 czerwca 2014: 65–66.

Sulewska H., Koziara W., Szymańska G., Śmiatacz K., Jazic P. 2014b. Ocena wpływu międzyplonu żyta z wyką na plonowanie kukurydzy w monokulturze. Materiały Konferencyjne „Produkcja roślinna w wielofunkcyjnym rozwoju rolnictwa". Baranów Sandomierski, 10–13 czerwca 2014: 67–68.

Sulewska H., Śmiatacz K., Szymańska G., Panasiewicz K., Bandurska H., Głowicka-Wołoszyn R. 2014c. Seed size effect on yield quantity and quality of maize (*Zea mays* L.) cultivated in South East Baltic region. Zemdirbyste-Agriculture 101 (1): 35–40.

Sulewska H., Szymańska G., Ratajczak K., Panasiewicz K., Jazic P. 2016. The effect of annual application of natural fertilizers, straw, or intercrop on the yield of maize cultivated for silage in long--term monoculture. Acta Scientiarum Polonorum Agricultura 15 (3): 55–67.

Szulc P. 2003. Efektywność nawożenia kukurydzy fosforem w zależności od sposobów ,stosowania nawozów i wielkości dawek. Praca doktorska. Akademia Rolnicza, Poznań.

Szulc P. 2013a. Porażenie chorobami roślin dwóch typów odmian mieszańcowych kukurydzy w zależności od formy nawozu azotowego. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 53 (1): 146–149.

Szulc P. 2013b. Występowanie omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) w zależności od zasobności gleby w azot oraz od formy nawozu azotowego. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 53 (1): 74–77.

Szulc P. 2014. Ma duże potrzeby. Nowoczesna Uprawa 3 (89): 50–53.

Szulc P., Waligóra H., Skrzypczak W. 2007. Występowanie chorób i szkodników na kukurydzy w zależności od nawożenia magnezem. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (1): 146–149.

Szulc P., Waligóra H., Skrzypczak W. 2008a. Better effectiveness of maize fertilization with nitrogen through additional application of magnesium and sulphur. Nauka Przyroda Technologie 2 (3): 19.

Szulc P., Waligóra H., Skrzypczak W. 2008b. Susceptibility of two maize cultivars to diseases and pests depending on nitrogen fertilization and on the method of magnesium application. Nauka Przyroda Technologie 2 (2): 11.

Szulc P., Bocianowski J., Rybus-Zając M. 2011. The reaction of „stay-green" maize hybrid (*Zea mays* L.) to various methods of magnesium application. Fresenius Environmental Bulletin 20 (8a): 2126–2134.

Szulc P., Bocianowski J., Rybus-Zając M. 2012a. Accumulation of N, P, K and Mg nutrient elements and nutrient remobilization indices in the biomass of two contrasting maize (*Zea mays* L.) hybrids. Fresenius Environmental Bulletin 21 (8): 2062–2071.

Szulc P., Bocianowski J., Rybus-Zając M. 2012b. The effect of soil supplementation with nitrogen and elemental sulphur on chlorophyll content and grain yield of maize (*Zea mays* L.). Žemdribystė Agriculture 99 (3): 247–254.

Szymańska G., Sulewska H., Panasiewicz K. 2009. Segregacja transgresywna pokolenia F_2 kukurydzy w podatności na *Fusarium* spp. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 49 (1): 287–291.

Tekiela A. 2008. Najważniejsze choroby liści kukurydzy w południowo-wschodniej Polsce w latach 2005–2007. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 531: 227–232.

Tekiela A., Kozioł M., Mazur A., Wojnarowicz T. 2010. Podatność mieszańców kukurydzy na występowanie fuzariozy kolb kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 50 (4): 1827–1831.

Thind B.S., Payak M.M. 1985. A review of bacterial stalk rot of maize in India. Tropical Pest Management 31: 311–316.

Toews M.D., Nansen Ch. 2012. Trapping and interpreting captures of stored grain insects. W: „Stored product protection (D.W. Hagstrum, T.W. Phillips, G. Cuperus, red.). USA, Kansas State University: 243–262.

Tomalak M., Sosnowska D. (red.). 2008. Organizmy pożyteczne w środowisku rolniczym. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 95 ss.

Tratwal A., Bereś P.K. (red.). 2016. Poradnik sygnalizatora ochrony kukurydzy. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań, 194 ss.

Trojanowska K. 2002. Zagrożenia ze strony mikroflory występującej na ziarnie zbożowym i jego przetworach. Przegląd Zbożowo-Młynarski 2: 9–12.

Trzmiel K. 2008. Diagnostyka wirusa żółtej mozaiki kukurydzy (*Maize dwarf mosaic virus*, MDMV). Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 48 (3): 1126–1129.

Trzmiel K. 2009. First report of *Sugarcane mosaic virus* infecting maize in Poland. Plant Disease 93 (10): 1078.

Trzmiel K. 2011a. Potencjalna szkodliwość wirusa karłowej mozaiki kukurydzy (*Maize dwarf mosaic virus*, MDMV) i wirusa mozaiki trzciny cukrowej (*Sugarcane mosaic virus*, SCMV) dla kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (1): 307–310.

Trzmiel K. 2011b. Abstract of doctor dissertation. Biological and molecular characterization of Polish isolates of *Maize dwarf mosaic virus* (MDMV) and *Sugarcane mosaic virus* (SCMV). Phytopathologia Polonica 60: 65–68.

Trzmiel K., Jeżewska M. 2006. Wstępne wyniki badań nad wirusami występującymi na kukurydzy w Polsce. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 46 (1): 439–445.

Trzmiel K., Jeżewska M. 2008. Identification of Maize dwarf mosaic virus in maize in Poland. Plant Disease 92 (6): 981.

Trzmiel K., Lubik M. 2011. Występowanie wirusów: żółtej karłowatości jęczmienia MAV, żółtej karłowatości jęczmienia – PAV, żółtej karłowatości zbóż – RPV na kukurydzy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (1): 311–314.

Trzmiel K., Szydło W. 2012. Występowanie i charakterystyka wirusa smugowatej mozaiki pszenicy (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV) na kukurydzy w Polsce. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 52 (3): 707–713.

Trzmiel K., Szydło W., Zarzyńska-Nowak A., Jeżewska M. 2015. First report of *Brome mosaic virus* (BMV) and *Wheat streak mosaic virus* (WSMV) co-infection in triticale plants in Poland. Plant Disease 99 (9): 1290.

Trzmiel K., Zarzyńska-Nowak A., Lewandowska M., Szydło W. 2016. Identification of new *Brome mosaic virus* (BMV) isolates systemically infecting *Vigna unguiculata* L. European Journal of Plant Pathology. DOI 10.1007/s10658-015-0830-5.

Ustawa 2003. Ustawa z dnia 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin (Dz. U. z 2008 r. Nr 133, poz. 849 tekst jednolity).

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

Wachowiak M., Kierzek R. 2010. Przydatność rozpylaczy eżektorowych w ochronie upraw polowych. Materiały IX Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin". Poznań, 14–15 październik 2010: 117–124.

Warzecha R. 2004. Dlaczego nie powinno się używać do siewu „nasion" kukurydzy pokolenia F_2? Kukurydza informacje 2: 1–2.

Wegner E. 2002. Rola owadów alergogennych w etiologii astmy oskrzelowej. Stawonogi w medycynie. LIBER, Lublin: 137–145.

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

Wiąckowska I. 1995. Światowy przegląd oofagów z rodzaju kruszynek *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) oraz badania nad biologią i ekologią kruszynka *Trichogramma cacoeciae* March. Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Kielce, 88 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.

Wilkin R., Fleurat-Lessard F. 1991. The detection of insects in grain using conventional sampling spears. Processing of the 5th International Working Conference on Stored Product Protection (F. Fleurat-Lessard, P. Ducom, red.). Bordeaux, France, Imperimerie Medocaine, Blanquefort Cedex, September 9–14, 1990: 1445–1453.

Woźnica Z., Pudełko J., Skrzypczak G., Matysiak R. 1995. Wpływ niekonwencjonalnych metod uprawy na zachwaszczenie i plony kukurydzy. Materiały Konferencyjne „Siew bezpośredni w teorii i praktyce". Barzkowice, 12 czerwiec 2005: 109–117.

Wright V.F. 1991. Assesment of insect infestation in stored maize and their relationship to *Aspergillus flavus* contamination. W: „Mycotoxin prevention and control in foodgrains" (R.L. Semple, A.S. Frio, P.A. Hicks, J.V. Lozare, red.). Bankok, Thailand: 110–116.

Ziętek J., Adaszek Ł., Winiarczyk S. 2010. Choroby zakaźne myszy i szczurów z elementami zoonoz, wybranymi zagadnieniami z hodowli, anatomii i fizjologii. Wydawnictwo Elamed, Katowice, 110 ss.

Żołnierz R., Hurej M. 2007. Porównanie odłowów omacnicy prosowianki przy użyciu pułapek świetlnej i feromonowych. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 47 (4): 267–271.