

**STUDIA I RAPORTY  
IUNG-PIB**

**72(26)**



**CHWASTY PÓL UPRAWNYCH – WYSTĘPOWANIE,  
ZWALCZANIE, GATUNKI „PROBLEMOWE”  
I INWAZYJNE**

DOTACJA CELOWA  
2024

Puławy 2024



INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

**STUDIA I RAPORTY  
IUNG-PIB**

**72(26)**

**CHWASTY PÓL UPRAWNYCH – WYSTĘPOWANIE,  
ZWALCZANIE, GATUNKI „PROBLEMOWE”  
I INWAZYJNE**

**DOTACJA CELOWA  
2024**

**Puławy 2024**

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: *prof. dr hab. Mariusz Matyka*

Redakcja naukowa:

*prof. dr hab. Mariusz Kucharski*

Autorzy:

*mgr inż. Marcin Bortniak; prof. dr hab. Krzysztof Domaradzki; dr inż. Renata Kieloch;  
prof. dr hab. Mariusz Kucharski; dr Katarzyna Marczevska-Kolasa;  
dr inż. Tomasz R. Sekutowski; mgr inż. Tomasz Snopczyński;  
dr inż. Aleksandra Zajączkowska*

Recenzenci:

*dr inż. Jolanta Bojarszczuk; prof. dr hab. Beata Feledyn-Szewczyk;  
prof. dr hab. Mariusz Kucharski; dr hab. Danuta Leszczyńska, prof. IUNG-PIB;  
dr hab. Janusz Smagacz, prof. IUNG-PIB; dr hab. Alicja Sulek; dr inż. Marta Wyzińska*

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *mgr Katarzyna Mikulska*

Okładka: krajobraz okolic Rogowa (fot. *dr Anna Nieróbca*)

ISBN 978-83-7562-420-5

Publikacja elektroniczna

*Egzemplarz bezpłatny*

Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB w Puławach

tel. (81) 47 86 720; fax (81) 47 86 721

e-mail: [iung@pulawy.pl](mailto:iung@pulawy.pl); <http://www.iung.pulawy.pl>

**CHWASTY PÓL UPRAWNYCH – WYSTĘPOWANIE,  
ZWALCZANIE, GATUNKI „PROBLEMOWE”  
I INWAZYJNE**



## SPIS TREŚCI

Wstęp .....	7
1. Domaradzki K. – Inwazyjne gatunki chwastów w rolniczej przestrzeni produkcyjnej wyzwaniem dla polskiego rolnictwa.....	9
2. Marczevska-Kolasa K. – Zagrożenie upraw polowych gatunkami chwastów odpornymi na herbicydy w świetle badań w Polsce .....	29
3. Snopczyński T., Bortniak M. – Ciepłolubne chwasty z rodziny wiechlinowatych (Poaceae) – charakterystyka oraz możliwości zwalczania ..	45
4. Bortniak M., Snopczyński T. – Chwasty zimujące z rodziny wiechlinowatych (Poaceae) – charakterystyka oraz możliwości zwalczania ..	55
5. Kieloch R. – Występowanie, szkodliwość oraz możliwości zwalczania chwastów wieloletnich w uprawach rolniczych .....	69
6. Sekutowski T.R. – Alternatywne metody ograniczania występowania chwastów – przykłady wykorzystania różnych metod i środków niechemicznych.....	83
7. Zajązkowska A. – Wpływ łącznego stosowania herbicydów z biostymulatorami i nawozami mikroelementowymi na ich skuteczność i selektywność.....	105
8. Kucharski M. – Rola adiuwantów w nowoczesnej ochronie roślin.....	123



## Wstęp

Chwasty – ich biologia, występowanie i zwalczanie, to temat niezliczonych opracowań o charakterze naukowym i praktycznym. Dziedziną naukową zajmującą się tą problematyką jest herbologia. Jest to bardzo obszerny dział „ochrony roślin”, obejmujący między innymi takie zagadnienia, jak: konkurencyjność chwastów względem roślin uprawnych i ich szkodliwość (ustalanie progów szkodliwości), metody zwalczania chwastów (chemiczne, fizyczne, mechaniczne, biologiczne i agrotechniczne), odporność na herbicydy czy skutki ekologiczne i środowiskowe stosowania herbicydów.

Od połowy XX wieku wiodącym nurtem w badaniach herbologicznych były prace związane z oceną skuteczności zwalczania chwastów w uprawach z wykorzystaniem nowo opracowanych substancji chemicznych. Po 20–30 latach oceny skutków środowiskowych stosowania chemicznych środków ochrony roślin rozpoczęła się „era” ich ograniczania. Nadmierne i czasami nieuzasadnione stosowanie takich preparatów powoduje wiele negatywnych skutków. Oprócz aspektów zdrowotnych konsumentów i skażenia środowiska działania takie wpływają na ograniczenie bioróżnorodności i pojawienie się zjawiska odporności.

Obecna polityka ekologiczna wymusza drastyczne ograniczenia w stosowaniu syntetycznych pestycydów, promując produkcję integrowaną, uprawę ekologiczną, czy wprowadzanie środków biologicznych. Stosunkowo nowym problemem w zakresie herbologii, związanym również ze zmianami klimatycznymi, jest zjawisko pojawiania się i rozprzestrzeniania na pola uprawne chwastów inwazyjnych. Często słabo rozpoznana biologia tych gatunków oraz nieznanne metody ich zwalczania umożliwiają im rozwój i zajmowanie stanowisk uprawowych. Wpływa to, na razie tylko lokalnie, na zmiany w bioróżnorodności i plonowaniu roślin uprawnych.

Wyrazem zainteresowania tematyką herbologiczną jest przygotowany kolejny zeszyt z serii „Studia i Raporty IUNG-PIB”, w którym Autorzy poszczególnych rozdziałów dzielą się swoją wiedzą i oceną wybranych zagadnień związanych z tematyką gatunków „problemowych”, zjawiskiem odporności chwastów na herbicydy oraz metodami redukcji zachwaszczenia. Mam nadzieję, że artykuły zamieszczone w niniejszym zeszycie zainteresują szerokie grono Czytelników i zachęcą Ich do pogłębiania wiedzy w tym zakresie oraz do własnej oceny problemów z zakresu herbologii.

Korzystając z możliwości, pragnę serdecznie podziękować wszystkim Autorom prac, Recenzentom i Redakcji za udział w przygotowaniu i wydaniu niniejszej publikacji.

Kierownik zadania 1.6.2  
prof. dr hab. Mariusz Kucharski





**Krzysztof Domaradzki**

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

INWAZYJNE GATUNKI CHWASTÓW W ROLNICZEJ PRZESTRZENI  
PRODUKCYJNEJ WYZWANIEM DLA POLSKIEGO ROLNICTWA\*

**Słowa kluczowe:** gatunki obce, rozprzestrzenianie, szkodliwość, zwalczanie

**Wstęp**

Od najdawniejszych czasów głównym czynnikiem sprzyjającym rozprzestrzenianiu się gatunków roślin i zwierząt był człowiek. Początkowo skala tego zjawiska była bardzo niewielka, a decydującą rolę odgrywali tu kupcy, którzy przy okazji podróży handlowych – z myślą o potencjalnym zysku – sprowadzali z dalekich krajów nowe nieznanne gatunki roślin i zwierząt. Wielkim przełomem był niewątpliwie okres od końca XV do początku XVII wieku, czyli czas wielkich odkryć geograficznych dokonanych przez żeglarzy europejskich. W tym czasie Portugalczyk Bartolomeu Dias opłynął Przylądek Dobrej Nadziei (1488 r.), Krzysztof Kolumb, będący w służbie hiszpańskiej, dotarł do archipelagu Antyli u wybrzeży kontynentu amerykańskiego (1492 r.), Portugalczyk Vasco da Gama odkrył drogę morską do Indii (1498 r.), jego rodak w służbie hiszpańskiej Ferdynand Magellan odbył w latach 1519–1522 wyprawę dookoła świata, a Holender Willem Janszoon dotarł w 1606 r. do Australii (Favenc 2006, Wójcik 2006).

Nowo odkryte łądy stały się nieograniczonym wręcz rezerwuarem do pozyskiwania wszelakich dóbr. Ich, częstokroć wręcz rabunkowa eksploatacja, zaowocowała niespotykanym wcześniej przepływem wszelkich dóbr i towarów pomiędzy Nowym a Starym Światem. Wśród transportowanych ładunków znajdowały się również nowe, nieznanne gatunki roślin, które sprowadzono z myślą o uprawie w nowym miejscu, choć pewnie częściej głównym motywem tych działań była chęć zysku, czy też po-

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6.2. pt. „Monitorowanie uodparniania się agrofagów na środki ochrony roślin oraz tworzenie programów redukcji ryzyka” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2024 r.

chwalenia się nowo odkrytymi cudami przyrody przed monarchami i arystokracją w Europie. W ten sposób na Stary Kontynent trafiły, m.in.: kukurydza, ziemniak, słonecznik, pomidor i tytoń, natomiast do Ameryki sprowadzono buraka cukrowego oraz nieznane tam wcześniej zboża, takie jak: pszenica, żyto, owies i jęczmień (Bonenberg 1988, Nowiński 1970).

W masie transportowanych produktów przeprowadzono przez ocean bardzo wiele nieplanowanych gatunków, głównie roślin. Najczęściej nasiona i diaspory odbywały podróż wraz z ziemią balastową statków, materiałem siewnym, paszą dla zwierząt, czy też materiałami używanymi do pakowania. Początkowo nowe niechciane gatunki, po przeniesieniu w nowe miejsce, nie sprawiały problemu i były niezauważane. Ich obecność zazwyczaj zauważano, gdy już się mocno rozprzestrzeniły i dobrze zadomowiły na znacznych obszarach (Kornaś 1996).

Trzeba podkreślić, że niektóre introdukowane obce gatunki roślin, jak kukurydza, pszenica, ryż, oraz zwierząt, jak drób, bydło i inne, są pożyteczne i obecnie zapewniają zaspokojenie ponad 98% światowych zasobów produktów żywnościowych (Pimentel i in. 2001).

Celem niniejszego opracowania jest zaprezentowanie problemu roślin inwazyjnych w rolniczej przestrzeni produkcyjnej, ze szczególnym uwzględnieniem ich występowania, szkodliwości i możliwości eliminacji.

### **Rośliny inwazyjne i ich negatywny wpływ na zasiedlane siedliska**

Rośliny nazywane inwazyjnymi to gatunki o obcym dla danego terenu pochodzeniu, które zadomowiły się na nowym obszarze. Charakteryzują się one znaczną ekspansywnością oraz posiadają bardzo dużą zdolność do rozmnażania i dalszego rozprzestrzeniania się w nowych warunkach. Rośliny inwazyjne stanowią zagrożenie dla rodzimej bioróżnorodności zbiorowisk danego obszaru, konkurując z miejscowymi taksonami o niską ekologiczną, a ich ekspansywność może doprowadzić do całkowitego opanowania siedliska (Richardson i in. 2000, Pyšek i in. 2004).

Szybkie i skuteczne opanowywanie nowych obszarów i siedlisk przez gatunki inwazyjne jest możliwe dzięki kilku charakterystycznym cechom, które wykazują te taksony (Kornaś 1996, Faliński 2004, Heywood i Brunel 2008), tj.:

- bardzo wysoki współczynnik reprodukcji w ciągu sezonu wegetacyjnego i długa żywotność nasion lub łatwość rozmnażania wegetatywnego oraz proste i skuteczne rozprzestrzenianie się diaspor,
- szeroki zakres tolerancji na warunki klimatyczne i siedliskowe oraz duże zdolności przystosowawcze w tym zakresie,
- szybki wzrost pozwalający zagłuszyć i wypierać wolniej rosnące rośliny innych gatunków oraz wczesna dojrzałość do reprodukcji i stosunkowo krótki cykl życiowy,
- zdolność do krzyżowania się z innymi gatunkami, tworzenia hybrid, poliploidów i ekotypów,

- brak naturalnych ograniczeń i wrogów, sprzyjający gwałtownemu rozprzestrzenianiu.

Oczywiście nie każdy z gatunków inwazyjnych posiada wszystkie z powyżej wymienionych cech, lecz im więcej ich posiada, tym potencjalnie jest bardziej inwazyjny i stanowi większe zagrożenie.

Należy podkreślić, że nie każdy obcy gatunek, który pojawi się na nowym miejscu, poza typowym obszarem występowania, staje się inwazyjnym. Wytlumaczeniu tego zjawiska dobrze służy tzw. reguła dziesiątek (ang. *tens rule*). Mówi ona, że spośród dziesięciu gatunków introdukowanych świadomie lub przypadkowo na nowym obszarze tylko jeden może wymknąć się spod kontroli. Podobnie wśród dziesięciu takich „uciekierów” tylko jeden takson może podlegać procesowi naturalizacji, a z dziesięciu gatunków naturalizowanych najwyżej jeden można określić mianem inwazyjnego (Williamson i Fitter 1996). Jak zatem widać, zgodnie z tą regułą, najwyżej jeden na tysiąc introdukowanych gatunków może stwarzać problemy.

Od wspomnianej wyżej reguły istnieją pewne odstępstwa, które wynikają z wpływu na proces inwazji zarówno globalnych, jak i lokalnych czynników o charakterze zewnętrznym. Wśród najważniejszych czynników o charakterze globalnym można wymienić: zmiany klimatyczne oraz powszechną globalizację powodującą otwarcie granic państwowych i szybki rozwój szlaków komunikacyjnych. Nie mniej ważne są zewnętrzne czynniki lokalne, wśród których największą rolę odgrywają zaburzenia w bilansie wodnym i cyklu obiegu składników pokarmowych, modyfikacja lub degradacja siedlisk oraz fragmentacja ekosystemów i nieracjonalne stosowanie środków chemicznych, jak również porzucanie uprawy gruntów ornych (Hulme 2005).

Warto podkreślić, że proces opanowywania nowych siedlisk przez gatunki inwazyjne jest zjawiskiem długotrwałym i niedostrzeganym w życiu jednego pokolenia. Badania naukowe dowodzą, że w warunkach Europy może trwać on ok. 130–170 lat (Kowarik 1995). Proces ten odbywa się w trzech etapach. Pierwszym jest introdukcja, czyli przeniesienie materiału służącego rozmnażaniu danego gatunku (nasion lub części wegetatywnych) poza dotychczasowy obszar jego występowania. Etap ten kończy się wraz z powstaniem populacji osobników dorosłych. Kolejną fazą jest kolonizacja. W jej trakcie pierwotna populacja osiąga zdolność do namnażania się i powiększania obszaru swego występowania. Ostatnim etapem opanowywania nowych siedlisk jest naturalizacja. Dzieje się tak, gdy gatunek inwazyjny jest w stanie stworzyć nowe namnażające się populacje podlegające szerokiemu rozprzestrzenianiu się i przenikające do naturalnych zbiorowisk. Zazwyczaj dopiero w ostatnim etapie inwazji gatunek obcy zaczyna pojawiać się w świadomości społecznej jako problem lub zagrożenie (Groves 1986).

Należy zdawać sobie sprawę z tego, że pojawienie się nowych gatunków inwazyjnych w ekosystemach może wyrządzić poważne szkody. Dzięki wnikaniu i szybkiej dominacji w zbiorowiskach naturalnych i półnaturalnych, następuje zubożenie bioróżnorodności rodzimej flory i fauny. Gatunki inwazyjne na opanowanym terenie

spowalniają lub blokują procesy renaturalizacji i sukcesji wtórnej. Ich występowanie wpływa na ograniczanie funkcjonalności gruntów rolnych, nie tylko poprzez znaczące ograniczenie plonowania roślin uprawnych, ale również przez zarastanie brzegów rowów i koryt rzecznych oraz osłabienie funkcjonalności skrajów pól, co negatywnie oddziałuje na populacje zapylaczy i drapieżników polujących na szkodniki. Poza tym w wielu przypadkach gatunki inwazyjne mogą zmieniać właściwości gleb, poprzez akumulację toksycznych allelopatyn, zaburzać w nich obieg węgla i fosforu oraz zmieniać zawartość azotu azotanowego (Marshall 2004, Vandermeer i Perfecto 2007).

W skali Europy zdecydowana większość (ok. 80%) gatunków inwazyjnych została wprowadzona do lokalnych zbiorowisk roślinnych przez człowieka, w związku z jego działalnością rolniczą lub ogrodniczą. Były to zarówno dawne gatunki uprawne (rośliny rolnicze, warzywne, lecznicze lub ozdobne), jak i taksony zawleczone przypadkowo (Hulme 2007). Warto podkreślić, że rolnicza przestrzeń produkcyjna jest bardzo podatna na introdukcję obcych gatunków inwazyjnych. Wynika to z tego, iż przeważają w niej fitocenozy niestabilne, silnie zmienione przez człowieka, które są poddawane ciągłej presji (Hulme 2005, Tokarska-Guzik i in. 2011).

### Gatunki inwazyjne w rolniczej przestrzeni produkcyjnej

Rolnicza przestrzeń produkcyjna to nie tylko pola uprawne, użytki zielone i plantacje wieloletnie, ale również nieużytki i odłogi, a także sąsiadujące z nimi zadrzewienia i zakrzaczenia śródpolne, drogi i przydroża oraz tereny wokół budynków mieszkalnych i gospodarskich. Prowadzona na tych obszarach intensywna działalność człowieka sprawia, że mogą one dość szybko stać się siedliskiem gatunków obcego pochodzenia (Kołaczkowska 2008). Znacznie trudniejsze do zasiedlenia gatunkami inwazyjnymi są siedliska naturalne, o znikomej ingerencji człowieka, gdzie proces ten może trwać nawet setki lat (Jackowiak 1999).

Według dostępnych danych w Polsce występują 3554 gatunki roślin naczyniowych, wśród których aż 1017 taksonów (28%) charakteryzuje się obcym pochodzeniem (Tokarska-Guzik 2005). Oczywiście wiele z nich przez wieki zdążyło się zadomowić na naszych polach lub w ich sąsiedztwie i obecnie często są postrzegane jako gatunki rodzime. Według Rutkowskiego (2022) w tej grupie można wymienić takie taksony, jak: ambrozja bylicolistna (*Ambrosia artemisifolia*), bieleń dziedzierzawa (*Datura stramonium*), chrzan pospolity (*Armoracia rusticana*), czyściec roczny (*Stachys annua*), łubin trwały (*Lupinus polyphyllus*), naparstnica purpurowa (*Digitalis purpurea*), nawłóć kanadyjska (*Solidago canadensis*), nawłóć późna (*Solidago gigantea*), przetacznik perski (*Veronica persica*), przymiotno białe (*Erigeron annuus*), przymiotno kanadyjskie (*Erigeron canadensis*), rudbekia naga (*Rudbeckia laciniata*), rumianek bezpromieniowy (*Chamomilla suaveolens*), słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus*), szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus*), tomka oścista (*Anthoxanthum aristatum*), uczepek amerykański (*Bidens frondosa*), żóltlica drobnokwiatowa (*Galinsoga*

*parviflora*), żóltlica owłosiona (*Galinsoga ciliata*) czy życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum*). Zgodnie z rozporządzeniem Rady Ministrów (2022) w sprawie listy inwazyjnych gatunków obcych zaliczono do nich: barszcz mantegazyjski (*Heracleum mantegazzianum*), barszcz Sosnowskiego (*Heracleum sosnowskyi*) i niecierpek gruczołowaty (*Impatiens gradulifera*), czyli taksony stwarzające zagrożenie dla Unii Europejskiej, rozprzestrzenione na szeroką skalę. Wymienić trzeba również drugą grupę gatunków zawartych w powyższym rozporządzeniu, a mianowicie inwazyjne gatunki obce stwarzające zagrożenie dla Polski rozprzestrzenione na szeroką skalę, w skład której wchodzi: kolczurka klapowana (*Echinocystis lobata*), rdestowiec czeski (*Reynoutria × bohémica*), rdestowiec ostrokończysty (*Reynoutria japonica*) i rdestowiec sachaliński (*Reynoutria sachalinensis*). Zdecydowana większość z wymienionych powyżej taksonów również w innych krajach europejskich zaliczana jest do agresywnych gatunków inwazyjnych (Olaczek 1998, Kowarik 2002, Pyšek i in. 2002).

### Wybrane gatunki inwazyjne – ich szkodliwość i problemy w zwalczaniu

W skali naszego kraju, spośród obcych gatunków inwazyjnych na polach uprawnych najbardziej daje się rolnikom we znaki zaśláz pospolity, natomiast w szeroko pojętej rolniczej przestrzeni produkcyjnej problemy sprawiają również nawłocie (późna i kanadyjska), rdestowce (głównie ostrokończysty i sachaliński) oraz barszcz Sosnowskiego.

#### Zaśláz pospolity (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Zaśláz pospolity na szerszą skalę zaczął pojawiać się na polskich polach na początku XXI w., a na przestrzeni ostatnich dwóch dekad zasięg występowania tego gatunku wzrósł znacząco. Na Dolnym Śląsku i Opolszczyźnie notowany jest już w kilkudziesięciu lokalizacjach. Poza tym obszarem sygnały o występowaniu zaślazu dochodzą z Górnego Śląska, Wielkopolski, Małopolski, Ziemi Łódzkiej, Podkarpacia i Lubelszczyzny. Najczęściej występuje w roślinach jarych uprawianych w szerokich rzędach, takich jak: burak cukrowy, kukurydza i soja. Zdecydowanie rzadziej jest obserwowany na ścierniskach po zbożach i rzepaku oraz na odłogach (Domaradzki i in. 2008).

Szkodliwość zaślazu pospolitego wynika głównie z jego szybkiego wzrostu, dużej siły konkurencyjnej oraz bardzo wysokiej plenności (do kilkunastu tysięcy nasion z jednej rośliny) i długiej żywotności nasion w glebie. Największe problemy sprawia na plantacjach kukurydzy i buraka cukrowego. Jak wykazano doświadczalnie, wystąpienie 8 sztuk zaślazu na powierzchni metra kwadratowego powoduje redukcję plonu zarówno buraka, jak i kukurydzy o ok. 40% (tab. 1). Mniejsze zachwaszczenie również jest groźne, gdyż 2 rośliny  $\cdot m^{-2}$  redukują plon buraka o 26,9%, a kukurydzy o 17,6%.

Tabela 1

Spadek plonu buraka cukrowego i kukurydzy pod wpływem zachwaszczenia zaślazem pospolitym

Nasilenie zachwaszczenia (szt. · m <sup>-2</sup> )	Spadek plonu (%)	
	burak cukrowy	kukurydza
1	8,2	4,2
2	26,9	17,6
4	35,1	29,8
8	40,6	39,9

Źródło: badania własne

Dużym problemem jest odchwaszczanie pól, na których rośnie zaślaz. Na podstawie badań szklarniowych i polowych wykonanych w IUNG-PIB we Wrocławiu można stwierdzić, że w uprawie kukurydzy zaślaz wykazuje dużą wrażliwość na herbicydy zawierające mezotrion oraz mieszaniny foramsulfuron + jodosulfuron z dodatkiem adjuwanta oraz terbutylazyna + mezotrion + S-metolachlor.

Zdecydowanie gorzej przedstawia się sytuacja na plantacjach buraka cukrowego, gdzie dużym utrudnieniem są bardzo późne wschody zaślazu, często rozciągnięte w czasie, co w praktyce oznacza, że może on pojawiać się, gdy na plantacji wykonano już wszystkie zaplanowane zabiegi herbicydowe. Ponadto w sprzyjających warunkach zaślaz rośnie bardzo dynamicznie, dlatego jego wrażliwość na środki chemiczne gwałtownie maleje. Najczęściej zdarza się, że zostaje zauważony dopiero, gdy rośliny pojawią się ponad łanem buraka, a wtedy na jakąkolwiek interwencję jest już za późno. Problemem jest również to, że wiele substancji czynnych stosowanych w uprawie buraka cukrowego nie wykazuje wystarczającej skuteczności w jego niszczeniu.

Doświadczenia prowadzone w IUNG-PIB we Wrocławiu nad sposobami chemicznego zwalczania tego gatunku chwastu w buraku dały niesatysfakcjonujące wyniki. Dobra skuteczność osiągnięta w warunkach szklarniowych nie przekładała się na wyniki w warunkach polowych (tab. 2). Ponadto w ostatnich latach wiele substancji aktywnych zarejestrowanych do stosowania w buraku cukrowym zostało wycofanych. Jedyne wyjście na polach zachwaszczonych zaślazem jest uprawa buraków w technologii Conviso Smart. Polega ona na siewie jednej z odmian SMART, które są odporne na tienkarbazon metylu i odchwaszczaniu ich za pomocą herbicydu Conviso One, który zawiera tę substancję. Środek ten niszczy również zaślaz, lecz nie można go stosować w tradycyjnych odmianach buraka, gdyż są one na niego wrażliwe.



Tabela 2

Skuteczność zwalczania zaślazu pospolitego w warunkach szklarniowych i polowych w uprawie buraka cukrowego i kukurydzy

Stosowane substancje aktywne	Liczba zabiegów	Skuteczność zwalczania (%)	
		szklarnia	pole
Burak cukrowy			
Chlopyralid + triflusuifuron metylowy + adjuwant	1	85	10
Chlopyralid + triflusuifuron metylowy + adjuwant	2	88	70
Chlopyralid + triflusuifuron metylowy + etofumesat + fenmedifam + desmedifam + adjuwant	1	97	29
Chlopyralid + triflusuifuron metylowy + etofumesat + fenmedifam + desmedifam + adjuwant	2	98	56
Kukurydza			
Mezotrion	1	94	100
Foramsulfuron + jodosulfuron + adjuwant	1	96	94
Terbutylazyna + mezotrion + S-metolachlor	1	100	100

Źródło: badania własne

### **Rdestowiec sachaliński (*Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai i rdestowiec japoński (*Reynoutria japonica* Houtt.)**

Rdestowce sachaliński i japoński trafiły do Polski na przełomie XIX i XX w., głównie jako rośliny ozdobne, ale również miododajne i w mniejszym stopniu paszowe. Jednak ich intensywna ekspansja miała miejsce dopiero pod koniec ubiegłego stulecia (Tokarska-Guzik 2005).

Ze względu na wyjątkową ekspansywność, rdestowce stanowią zagrożenie dla bioróżnorodności siedlisk naturalnych.

Szybko opanowują porastane przez nie obszary i czynią je praktycznie nieprzydatnymi do wykorzystania. Ich szkodliwość polega na blokowaniu procesów sukcesji wtórnej, zmianie właściwości chemicznych i fizycznych gleb oraz na degradacji funkcjonalnej zasiedlanych gruntów poprzez wytwarzanie dużej biomasy oraz hamowanie kiełkowania i rozwoju innych roślin dzięki wydzielanym do gleby allelopatynom (Tokarska-Guzik 2009, Chmura i in. 2015).

Badania własne autora pokazują bardzo wysoką produktywność świeżej masy przez rdestowce. Masa pędów nadziemnych rdestowca japońskiego to średnio 66,2 t·ha<sup>-1</sup>, zaś pędów podziemnych 79,5 t·ha<sup>-1</sup>. W przypadku rdestowca sachalińskiego jest to odpowiednio: 101,5 t·ha<sup>-1</sup> oraz 129,3 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 3). Dla porównania średnie plony ziemniaka zbierane w Polsce to 30,8 t·ha<sup>-1</sup>, a korzeni buraka cukrowego – 63,8 t·ha<sup>-1</sup> (Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2023).



Tabela 3

## Produktywność świeżej masy rdestowców sachalińskiego i japońskiego

Rodzaj organu	Produktywność świeżej masy ( $t \cdot ha^{-1}$ )	
	rdestowiec sachaliński	rdestowiec japoński
Pędy nadziemne	101,5	66,2
Części podziemne	129,3	79,5

Źródło: badania własne

Poza silną konkurencyjną presją fizyczną na sąsiadujące w zbiorowisku rośliny gatunki inwazyjne – w tym rdestowce – wywierają swój negatywny wpływ również poprzez wydzielanie do gleby substancji o działaniu allelopatycznym. Substancje te mają za zadanie hamowanie wzrostu i rozwoju innych roślin. Działanie takie może utrudniać przywracanie terenów czasowo porośniętych przez rdestowce lub nawłocie do ponownego użytkowania rolniczego. Doświadczenia własne pokazują, że gleba ze stanowisk opanowanych przez rdestowce zawiera substancje hamujące wzrost nie tylko roślin testowych, jak ogórek czy gorczyca, ale również innych gatunków uprawy polowej. Pszenica ozima wysiana na glebie spod rdestowca japońskiego reagowała redukcją świeżej masy o 9,3%, a na podłożu spod rdestowca sachalińskiego aż o 36,6%. Dla roślin rzepaku ozimego wartości redukcji masy były jeszcze wyższe i wynosiły odpowiednio: 13,6% i 46,8% (tab. 4).

Tabela 4

## Produktywność świeżej masy pszenicy ozimej i rzepaku ozimego w pierwszych 28 dniach rozwoju na glebie pobranej ze stanowisk spod rdestowców i ze stanowiska wolnego od roślin inwazyjnych

Obiekt	Produktywność świeżej masy (%)	
	pszenica ozima	rzepak ozimy
Gleba kontrolna*	100	100
Gleba spod rdestowca sachalińskiego	63,4	53,2
Gleba spod rdestowca japońskiego	90,7	86,4

\*gleba ze stanowiska wolnego od roślin inwazyjnych

Źródło: badania własne

Rdestowce występujące w przestrzeni rolniczej są bardzo trudne do wyeliminowania. Doświadczenia przeprowadzone w naturalnych siedliskach występowania rdestowców pozwalają stwierdzić, że najlepszy efekt w eliminowaniu tych gatunków można uzyskać, stosując herbicyd zawierający mieszaninę trzech substancji czynnych: chlopyralidu, fluroksypiry i trichlopyru. Zabieg tym środkiem zapewniał wysoką skuteczność zwalczania zarówno rdestowca sachalińskiego, jak i ostrokończystego,

która wynosiła od 87 do 98%. Najlepsze efekty obserwowano w przypadku użycia tego herbicydu w dawkach dzielonych oraz w wariacie, w którym najpierw wykonano koszenie, a po 5–6 tygodniach stosowano herbicyd. Efekt chwastobójczy tych zabiegów był długotrwały, co wykazały analizy odrastania roślin. Po upływie 5 miesięcy od wykonania zabiegów odchwaszczania rdestowce odrastały jedynie w 6–9%. Pozostałe badane herbicydy działały krótkotrwanie i zdecydowanie mniej efektywnie. Po aplikacji glifosatu, flazasulfuronu lub mieszaniny tych substancji rdestowce regenerowały się i odrastały. Również mechaniczne zwalczanie rdestowców, polegające na dwukrotnym koszeniu, zapewniało wysoce niezadowolające efekty (tab. 5).

Tabela 5

Skuteczność zwalczania rdestowców sachalińskiego i ostrokończystego zabiegami mechanicznymi i chemicznymi

Substancja czynna (s.cz.) lub inna metoda zwalczania	Termin	Dawka s.cz. ( $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	Rdestowiec sachaliński		Rdestowiec ostrokończysty	
			zniszczenie (%)	odrastanie (%)	zniszczenie (%)	odrastanie (%)
Glifosat	A	2880	33	98	66	92
Trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid	A	400 + 300 + 200	96	13	87	20
Trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid	(A) + (B)	(300 + 225 + 150) + (200 + 150 + 100)	98	5	95	6
(Koszenie) + (trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid)	(A) + (B)	(0) + (400 + 300 + 200)	95	7	95	7
(Trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid) + (koszenie)	(A) + (B)	(400 + 300 + 200) + (0)	92	7	92	9
Flazasulfuron	A	50	5	100	20	92
Flazasulfuron + glifosat	A	37,5 + 1080	43	95	60	90
Flazasulfuron + glifosat	(A) + (B)	(37,5 + 1080) + (25 + 1080)	85	33	88	27
(Flazasulfuron + glifosat) + (koszenie)	(A) + (B)	(50 + 1080) + (0)	80	50	64	73
(Koszenie) + (flazasulfuron + glifosat)	(A) + (B)	(0) + (50 + 1080)	70	78	71	75
2 × (koszenie)	(A) + (B)	(0) + (0)	56	93	58	93

Terminy: A – wiosną w fazie 4–6 liści, B – po 5–6 tygodniach

Zniszczenie oceniono po 8 tygodniach, a odrastanie roślin po 5 miesiącach

Źródło: badania własne

## Nawłóć późna (*Solidago gigantea* Aiton)

Nawłóć późna naturalnie występuje na obszarze Stanów Zjednoczonych i południowej Kanady (Gleason i Cronquist 1991). Do Europy nawłóć sprowadzono jako roślinę ozdobną w XVIII w. (Weber 1998). Na terenie obecnej Polski pojawiła się w 1853 r. jako roślina ozdobna i była uprawiana w ogrodach przydomowych (Tokarska-Guzik 2003). Od lat 40. XX w. nawłóć późna zaczęła rozprzestrzeniać się na tereny ruderalne, nieużytki, odłogi, zarośla i w doliny rzeczne (Grime 2002). W ostatnich kilkunastu latach obserwuje się wnikanie nawłóci również na pola uprawne. Zaczyna się ona pojawiać w uprawach kukurydzy, buraka cukrowego i soi (Domaradzki i Bortniak 2023).

Swoją sukces w opanowywaniu nowych terenów nawłóć późna zawdzięcza dużej tolerancji na warunki siedliskowe, intensywnemu wzrostowi, wytwarzaniu dużej liczby lekkich nasion, łatwości rozmnażania wegetatywnego, brakowi naturalnych wrogów (Guzikowa i Maycock 1993) oraz mechanizmom allelopatycznym (Baličević i in. 2015).

Nawłóć nie wytwarza tak dużo biomasy na jednostkę powierzchni jak rdestowce, lecz po 6–7 latach zaczyna całkowicie dominować w zbiorowisku roślinnym, zatrzymując dalszą sukcesję roślinności na opanowanym obszarze. Badania własne pokazują, że w siedliskach tych nawłóć późna wytwarza 7,72 t·ha<sup>-1</sup> pędów nadziemnych oraz 9,65 t·ha<sup>-1</sup> korzeni i kłączy (tab. 6).

Doświadczalnie wykazano, że podobnie jak w przypadku rdestowców gleba ze stanowisk opanowanych przez nawłóć zawiera substancje hamujące wzrost innych roślin. Pszenica ozima uprawiana na glebie pobranej spod nawłóci reagowała redukcją świeżej masy roślin o 29,9% w porównaniu z obiektem kontrolnym, natomiast w przypadku rzepaku ozimego wartość spadku masy roślin była jeszcze wyższa i wynosiła 43,8% (tab. 7).

W rolniczej przestrzeni produkcyjnej nawłóć późna najczęściej występuje na odłogach i nieużytkach, na przydrożach oraz w dolinach rzecznych i w pobliżu cieków wodnych. Zdecydowanie rzadziej pojawia się na siedliskach okrajkowych i miedzach. Z rolniczego punktu widzenia ważnym problemem jest szybka i skuteczna eliminacja uciążliwych chwastów występujących na gruntach odłogowanych, w tym nawłóci, tak aby można wznowić na nich produkcję.

Przeprowadzone badania własne pozwalają stwierdzić, że najlepsze efekty w eliminowaniu nawłóci późnej z odłogów można uzyskać, stosując herbicyd zawierający mieszaninę trzech substancji czynnych: trichlopyru, fluroksypyr i chlopyralidu. Zabieg tym środkiem zapewniał wysoką skuteczność zwalczania nawłóci późnej, wynoszącą 99%. Efekt chwastobójczy był długotrwały, co wykazały analizy odrastania roślin. Po 5 miesiącach odrastało jedynie 4% roślin. Mieszanina trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid stosowana w niższej dawce w połączeniu z koszeniem nawłóci zapewniała zbliżone efekty. Pozostałe badane herbicydy działały mniej efektywnie. Początkowo hamowały one wzrost i rozwój roślin nawłóci, które jednak po kilku

miesiącach się regenerowały i odrastały. Mechaniczne zwalczanie nawłoci późnej polegające na dwukrotnym koszeniu początkowo zapewniało wysoką skuteczność, później jednak nawłoc regenerowała się i odrastała (tab. 8).

Tabela 6

## Produktywność świeżej masy nawłoci późnej

Rodzaj organu	Świeża masa (t·ha <sup>-1</sup> )
Pędy nadziemne	7,72
Części podziemne	9,65

Źródło: badania własne

Tabela 7

Produktywność świeżej masy pszenicy ozimej i rzepaku ozimego w pierwszych 28 dniach rozwoju, na glebie pobranej ze stanowisk spod nawłoci późnej i ze stanowiska wolnego od roślin inwazyjnych

Obiekt	Produktywność świeżej masy (%)	
	pszenica ozima	rzepak ozimy
Gleba kontrolna*	100	100
Gleba spod nawłoci późnej	70,1	56,2

\*gleba ze stanowiska wolnego od roślin inwazyjnych

Źródło: badania własne

Tabela 8

## Skuteczność zwalczania nawłoci późnej zabiegami mechanicznymi i chemicznymi

Substancja czynna (s.cz.) lub inna metoda zwalczania	Termin	Dawka s.cz. (g·ha <sup>-1</sup> )	Zniszczenie (%)	Odrastanie (%)
Glifosat	A	1800	77	56
MCPA + dikamba	A	750	75	36
Trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid	A	400 + 300 + 200	99	4
(Glifosat) + (koszenie)	(A) + (B)	(1260) + (0)	81	53
(Koszenie) + ( glifosat)	(A) + (B)	(0) + (1260)	90	51
(MCPA + dikamba) + (koszenie)	(A) + (B)	(450 + 60) + (0)	81	68
(Koszenie) + (MCPA + dikamba)	(A) + (B)	(0) + (450 + 60)	88	26
(Trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid) + (koszenie)	(A) + (B)	(300 + 225+ 150) + (0)	96	6
(Koszenie) + (trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid)	(A) + (B)	(0) + (300 + 225+ 150)	98	8
2 × (koszenie)	(A) + (B)	(0) + (0)	58	57

Terminy: A – wiosną w fazie 8 liści, B – po 5–6 tygodniach

Zniszczenie oceniono po 8 tygodniach, a odrastanie roślin po 5 miesiącach

Źródło: badania własne

## **Barszcz Sosnowskiego (*Heracleum sosnowskyi* Manden.)**

Miejscami naturalnego występowania barszczu Sosnowskiego są rejon Kaukazu i północno-wschodnie tereny Anatolii w Turcji. Do Europy został sprowadzony jako roślina ozdobna ok. 1817 r. Od tamtej pory rozprzestrzenił się na rozległych obszarach środkowej i wschodniej części Europy, gdzie jest rośliną inwazyjną. Do Polski barszcz Sosnowskiego trafił w końcu lat 50. XX w., jako „dar narodu radzieckiego”, a kilka lat później rozpoczęto jego uprawę jako rośliny paszowej (Lutyńska 1980, Pasięka 1984). Olbrzymią zaletą tego gatunku miała być bardzo wysoka produktywność świeżej masy, wynosząca od 90 do 280 t·ha<sup>-1</sup>, z możliwością wykorzystania na kiszonkę (Bochniarz i Bochniarz 1986). Po niedługim czasie uprawy zaniechano, lecz niestety barszcz Sosnowskiego zaczął w szybkim tempie rozprzestrzeniać się spontanicznie. Obecnie zaliczany jest do najgroźniejszych gatunków inwazyjnych w Polsce (Mikłaszewska i Pągowska 2007).

Szkodliwość tego gatunku można rozpatrywać w kilku aspektach. Pierwszym, niewątpliwie najważniejszym, jest wpływ na zdrowie człowieka. Barszcz Sosnowskiego zawiera w swym soku komórkowym oraz nasionach wiele substancji chemicznych, wśród których najniebezpieczniejsze dla ludzi i zwierząt są furanokumaryny. Ich kontakt ze skórą pod wpływem działania promieni ultrafioletowych obecnych w świetle słonecznym powoduje groźne oparzenia (Weryszko-Chmielewska i in. 2014). Kolejnym aspektem jest negatywny wpływ na rodzime składniki zbiorowisk roślinnych. Barszcz Sosnowskiego poprzez bujny wzrost i oddziaływania allelopatyczne powoduje przekształcanie naturalnych wielogatunkowych zbiorowisk w monokultury (Dajdok i Pawlaczyk 2009). Poza działaniem na rośliny sąsiadujące gatunki inwazyjne mogą również wywierać ujemny wpływ na zbiorowiska mikroorganizmów glebowych. Renčo i in. (2019) wykazali, że inwazja barszczu Sosnowskiego miała niekorzystny wpływ nie tylko na występującą w zbiorowisku roślinność, ale również na nicienie glebowe. Ekspansja tego gatunku spowodowała znaczące zmiany w składzie gatunkowym roślin, co w konsekwencji doprowadziło do modyfikacji zbiorowisk nicieni. Nie mniej ważnym aspektem jest ograniczenie funkcjonalności, atrakcyjności turystycznej i rekreacyjnej porastanych terenów. Oddziaływanie barszczu Sosnowskiego i innych obcych gatunków inwazyjnych może być zatem wielokierunkowe.

Skuteczne zwalczanie barszczu Sosnowskiego nie jest łatwe, a działania zaradcze należy prowadzić przez wiele lat. Gatunek ten nie posiada specjalnych mechanizmów sprzyjających rozsiewaniu nasion, dlatego większość z nich trafia do gleby w promieniu 4 metrów od rośliny matecznej. W najbliższym ich sąsiedztwie w wierzchniej warstwie gleby, na powierzchni jednego metra kwadratowego może znajdować się nawet do 12 000 nasion wykazujących żywotność, które mogą kiełkować przez wiele lat, dając początek kolejnym roślinom (Moravcova i in. 2007)

Koszenie jako metoda zwalczania barszczu Sosnowskiego jest mało efektywne. Spowalnia jego rozwój i pozwala na ograniczenie wytwarzania nasion, lecz nie powoduje całkowitego zniszczenia roślin, które dość szybko odrastają (Żurek 2002).

Stosowanie herbicydów przynosi lepsze efekty. Wyniki badań własnych wykazały, że stosowanie glifosatu jest mało skuteczne, gdyż po początkowej dość silnej reakcji rośliny zaczynają się regenerować i po upływie 5 miesięcy połowa z nich odrasta. Mieszanki trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid lub flazasulfuron + glifosat zdecydowanie silniej działały na rośliny barszczu oraz w bardzo wysokim stopniu zapobiegały jego odrastaniu (tab. 9).

Tabela 9

Skuteczność zwalczania barszczu Sosnowskiego za pomocą herbicydów

Substancja czynna (s.cz.) lub inna metoda zwalczania	Termin	Dawka s.cz. (g·ha <sup>-1</sup> )	Zniszczenie (%)	Odrastanie (%)
Glifosat	A	3600	83	50
Trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid	A	600 + 450 + 300	95	6
Flazasulfuron + glifosat	A	50 + 1260	100	3

Terminy: A – wiosną w fazie 6–8 liści

Zniszczenie oceniono po 8 tygodniach, a odrastanie roślin po 5 miesiącach

Źródło: badania własne

### Gatunki chwastów, które mogą stanowić potencjalne zagrożenie na naszych polach w najbliższej przyszłości

Skład gatunkowy zbiorowisk segetalnych ulega ciągłym przemianom pod wpływem różnych czynników. W ostatnich latach ważnym czynnikiem tych przeobrażeń są zmiany klimatu (Peters i in. 2014). Powodują one, że od kilku dekad obserwuje się wzrost znaczenia i nasilenia chwastów o wysokich wymaganiach termicznych (Gołębiowska i in. 2015) oraz wkraczanie do przestrzeni rolniczej nowych taksonów (Domaradzki i in. 2008). Wśród nich szczególną uwagę należy zwrócić na rośliny, które mają cechy inwazyjności, stanowią problem dla upraw w krajach ościennych, a także szybko zwiększają swój obszar występowania i znajdują się coraz bliżej granic naszego kraju lub już pojawiły się w Polsce w ostatnich latach.

Prawdopodobnie gatunkami, które jako pierwsze będą sprawiały problem polskim rolnikom już w niedalekiej przyszłości będą: sorgo aleppskie (*Sorghum halapense*), ambrozja bylicolistna (*Ambrosia artemisiifolia*) i słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus*). Taksony te są bardzo konkurencyjne i trudne do wyeliminowania, a od dawna sprawiają kłopoty w krajach Europy Południowej i Zachodniej (Sowa i Warcholińska 1994, Szczęśniak 2004).

W nieco dalszej perspektywie czasowej w Polsce mogą zacząć sprawiać problemy takie gatunki wykazujące cechy inwazyjności, jak: starzec nierównozębny (*Senecio inaequidens*), omanowiec wonny (*Dittrichia graveolens*), manieczka indyjska (*Eleusine indica*), partenium ambrozjowate (*Parthenium hysterophorus*), czy też włosówka kosmata (*Eriochloa villosa*). Taksony te w ostatnich latach znacząco zwiększyły swój

zasięg występowania w wielu krajach europejskich i coraz częściej są obserwowane w najbliższym sąsiedztwie Polski (Ryves i in. 1996, Ardelean i in. 2009, Solymosi 2010, Kocián 2016, Pliszko 2017, Nowak i Nowak 2018, Dítě i in. 2019, Kozłowska-Kozak i in. 2019, Follak i in. 2020).

Naukowcy analizujący modele uwzględniające zmiany klimatu podkreślają, że w przyszłości wiele krajów europejskich, również tych położonych bardziej na północ, jak Polska czy państwa nadbałtyckie, może zostać zasiedlonych przez nowe gatunki roślin obcego pochodzenia (Brunel i in. 2014).

Nie należy również lekceważyć potencjalnego zagrożenia gatunkami, które kilkanaście lat temu sprowadzono do Polski i uprawiano w celach energetycznych (Crosti 2010). Niestety przed rozpoczęciem ich uprawy nie dokonano analizy ryzyka inwazyjności, więc skala potencjalnych przyszłych zagrożeń ze strony tych taksonów jest nieznana.

Tabela 10

Gatunki roślin uprawiane na cele energetyczne w Polsce i ich potencjalny wpływ na siedliska

Gatunek	Zagrożenie inwazyjnością
Ślazowiec pensylwański	? → +
Wierzba wiciowa	–
Rdestowiec sachaliński	+
Miskant olbrzymi	? → +
Mozga trzciniowa	–
Słonecznik bulwiasty	+
Róża wielokwiatowa	–
Paulownia puszysta	? → +
Spartina preriowa	? → +

Wpływ danego gatunku na zasiedlane siedliska:

– brak negatywnego wpływu

+ wyraźny negatywny wpływ

? → + brak jednoznacznych danych, lecz istnieje ryzyko negatywnego wpływu

Źródło: opracowanie własne

Rośliny energetyczne były szeroko „lansowane” i uprawiane, lecz moda na ich wykorzystanie trwała jedynie kilka lat. Po zmianie spojrzenia w Unii Europejskiej na problem emisji CO<sub>2</sub>, ich uprawa straciła na znaczeniu. Nie oznacza to, że gatunki te zniknęły bezpowrotnie z naszego kraju. W wielu miejscach można spotkać porzucone i zaniedbane plantacje takich roślin, które powoli zaczynają przenikać do nowych siedlisk. Takie samoistne i niekontrolowane rozprzestrzenianie się może wywołać w przyszłości niekorzystne skutki.



## **Podsumowanie**

Ułatwienia w komunikacji międzynarodowej i otwartość granic w obrębie Unii Europejskiej sprawiają, że ekspansja obcych gatunków inwazyjnych staje się łatwiejsza. Nowe gatunki najczęściej przemieszczają się wraz z materiałem siewnym, ale również wraz z sadzonkami roślin rosnących w pojemnikach (Genovesi i Shine 2003).

Zawlezione obce gatunki inwazyjne negatywnie wpływają na rodzime składniki zbiorowisk roślinnych i mogą doprowadzić do całkowitego zniszczenia naturalnej równowagi ekologicznej siedlisk (Faliński 2004). Ich niepożądane występowanie wywołuje również wymierne straty ekonomiczne (Pimental i in. 2007, Kettunen i in. 2009).

Rolnicza przestrzeń produkcyjna, ze względu na działalność człowieka, jest narażona na ułatwione wnikanie obcych gatunków inwazyjnych (Kończakowska 2008). Dlatego w celu zminimalizowania tego niekorzystnego zjawiska bezwzględnie należy dokonywać oceny ryzyka przed każdorazowym wprowadzaniem do uprawy nowych dla danego obszaru gatunków (Crosti 2010). Należy również bezwzględnie przestrzegać obowiązującego w naszym kraju prawa dotyczącego inwazyjnych gatunków obcych.

Ważnym elementem w zapobieganiu rozprzestrzenianiu się i kolonizacji przez gatunki inwazyjne powinien być monitoring pozwalający na wczesne wykrywanie i szybką eliminację nowych stanowisk tych roślin. Nie wolno jednak zapominać o prowadzeniu działań mających na celu ograniczenie areалу już zajmowanego przez gatunki obce dla naszej flory. Można to zrealizować, wykorzystując metody mechaniczne, zabiegi chemiczne lub łącząc obydwa sposoby.

Zabiegi mechaniczne, takie jak: kilkukrotne koszenie, punktowe niszczenie roślin w początkowej fazie kolonizacji czy wycinanie kwiatostanów, mogą znacząco ograniczyć presję ze strony tych gatunków na opanowanym przez nie obszarze.

Należy podkreślić, że chemiczne zwalczanie gatunków inwazyjnych jest długotrwałe, a stosowanie glifosatu w wielu przypadkach nie jest w pełni skuteczne. Lepiej sprawdzają się mieszaniny kilku substancji aktywnych, takich jak: trichlopyr, fluoksypyr i chlopyralid, a także uzupełnienie ich stosowania koszeniem.

Ważne są również pewne działania o charakterze profilaktycznym. Dokładne czyszczenie materiału siewnego i maszyn rolniczych zapobiega przypadkowemu rozprzestrzenianiu się nasion. Ekspansję ogranicza również zmniejszenie powierzchni terenów mogących być potencjalnymi siedliskami dla gatunków inwazyjnych, takich jak obszary o naruszonej przez działania człowieka strukturze ekologicznej oraz grunty zdewastowane i porzucone.

W ograniczaniu ekspansji obcych gatunków inwazyjnych ważne jest także krzewienie wiedzy i odpowiednie kształtowanie świadomości społeczeństwa, wykazujące zagrożenie obcymi gatunkami inwazyjnymi dla agrofitycenozy i otaczających nas zbiorowisk naturalnych.



## Literatura

1. Ardelean A., Karacsonyi K., Negrean G.: *Eriochloa villosa* – a new alien Gramineae species for Arad County (Romania). *Studia Universitatis Vasile Goldis, Seria Stiinte Vietii*, 2009, **19(2)**: 281-282.
2. Baličević R., Ravlić M., Živković T.: Allelopathic effect of invasive species Giantgoldenrod (*Solidago gigantea* Ait.) on crops and weeds. *Herbologia*, 2015, **15(1)**: 19-29.
3. Bochniarz M., Bochniarz J.: Barszcz Sosnowskiego – nowa wysokopienne roślina pastewna. *Postępy Nauk Rolniczych*, 1986, **6**: 23-31.
4. Bonenberg K.: Rośliny użyteczne człowiekowi. Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa 1988, ss. 159.
5. Brunel S., Panetta D., Fried G., Kriticos D., Prasad R., Lansink A.O., Shabbir A., Yaacoby T.: Preventing a new invasive alien plant from entering and spreading in the Euro-Mediterranean region: the case study of *Parthenium hysterophorus*. *EPP0 Bulletin*, 2014, **44(3)**: 479-489. DOI: 10.1111/epp.12169
6. Chmura D., Tokarska-Guzik B., Nowak T., Woźniak G., Bzdęga K., Koszela K., Gancarek M.: The influence of invasive *Fallopia* taxa on resident plant species in two river valleys (southern Poland). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 2015, **84(1)**: 23-33. DOI: 10.5586/asbp.2015.008.
7. Crosti R.: Inwazyjność upraw przeznaczonych na produkcję biopaliw i potencjalne szkody wyrządzane naturalnym siedliskom i gatunkom rodzimym. Raport Stałego Komitetu UE, 2010, ss. 31.
8. Dajdok Z., Pawlaczek P. (red.): Inwazyjne gatunki ekosystemów mokradłowych Polski. Wyd. Klubu Przyrodników, Świebodzin 2009, ss. 167.
9. Dítě Z., Dítě D., Feráková V.: *Eleusine indica* (L.) Gaertn., new species of the adventive flora of Slovakia. *Thaiszia – Journal of Botany*, 2019, **29(1)**: 77-84. DOI: 10.33542/TJB2019-1-06
10. Domaradzki K., Snopczyński T., Jezierska-Domaradzka A.: Zaślaz pospolity (*Abutilon theophrasti* Medik.), nowy groźny chwast upraw polowych – charakterystyka występowanie i możliwości zwalczania. *Progress in Plant Protection*, 2008, **48(2)**: 567-574.
11. Domaradzki K., Bortniak M.: Zmiany w zbiorowiskach chwastów segetalnych wybranych roślin uprawnych na przestrzeni ostatnich 50 lat oraz prognozy na przyszłość. *Progress in Plant Protection*, 2023, **63(4)**: 191-204. DOI: 10.14199/ppp-2023-020
12. Faliński J.B.: Inwazje w świecie roślin: mechanizmy, zagrożenia, projekt badań. *Phytocoenosis* 10 (N. S.), *Seminarium Geobotanicum*, 2004, **16**: 3-31.
13. Favenc E.: The History of Australian Exploration from 1788 to 1888. *Echo Library*, 2006, p. 2-4.
14. Follak S., Follak S., Schwarz M., Essl F.: First record of *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth in Austria and notes on its distribution and agricultural impact in Central Europe. *BioInvasions Records*, 2020, **9(1)**: 8-16. DOI: 10.3391/bir.2020.9.1.02
15. Genovesi P., Shine C.: European Strategy on Invasive Alien Species. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Standing Committee, Strasbourg 2003, pp. 68.
16. Gleason H.A., Cronquist A.: Manual of vascular plants of Northeastern US and adjacent Canada. New York Botanical Garden, New York, 1991, pp. 910.
17. Gołębiewska H., Snopczyński T., Domaradzki K., Rola H.: Zmiany w zachwaszczeniu kukurydzy w południowo-zachodnim rejonie Polski w latach 1963–2013. *Progress in Plant Protection* 2015, **55(3)**: 327-339. DOI: 10.14199/ppp-2015-057
18. Grime J.P.: Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. 2nd Edition, Wiley, 2002, pp. 456. ISBN 978-0-470-85040-4.
19. Groves R.H.: Invasion of mediterranean ecosystems by weeds. In: Resilience in Mediterranean-Type Ecosystem, B. Dell, A.J.M. Hopkins, B.B. Lamont (eds). Junk, Dordrecht, 1986, pp. 68.

20. Guzikowa M., Maycock P.F.: Badania porównawcze biologii i ekologii północno-amerykańskich ekspansywnych gatunków nawłoci [*Solidago* ssp.]. Wiadomości Botaniczne, 1993, **37(3-4)**: 221-223.
21. Heywood V., Brunel S.: Kodeks postępowania w zakresie ogrodnictwa i inwazyjnych roślin obcych (Code of conduct on horticulture and invasive alien plants). Publikacje Rady Europy, Przyroda i Środowisko, 2008, 155, pp. 52.
22. Hulme P.E.: Nursery crime: agriculture as victim and perpetrator in the spread of invasive species. Crop Science and Technology, British Crop Protection Council, 2005. pp. 733-740.
23. Hulme P.E.: Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses. Environmental Science and Technology, 2007, **25**: 56-80.
24. Jacak B.: Modele ekspansji roślin synantropijnych i transgenicznych. Phytocoenosis 11, Seminarium Geobotanicum, 1999, **6**: 4-16.
25. Kettunen M., Genovesi P., Gollasch S., Pagad S., Starfinger U., Ten Brink P., Shine C.: Technical support to EU strategy on invasive species (IAS) – Assessment of the impact of IAS in Europe and the EU (Final draft report for the European Commission). Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels, Belgium, 2009, pp. 131.
26. Kocián P.: The first records of *Senecio inaequidens* along motorways in Poland and Slovakia. Acta Musei Silesiae Scientiae Naturales, 2016, **65(2)**: 129-133. DOI: 10.1515/cszma-2016-0016
27. Kolačková E.: Inwazje gatunków obcych roślin – problem naukowy i praktyczny. Przegląd Geograficzny, 2008, **80(1)**: 55-73.
28. Kornáš J.: Pięć wieków wymiany flor synantropijnych między Starym i Nowym Światem. Wiadomości Botaniczne, 1996, **40(1)**: 11-19.
29. Kowarik I.: Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. In: Plant invasions – general aspects and special problems, P. Pyšek, K. Prach, M. Rejmánek, P.M. Wade (eds). SPB Academic Publishing, Amsterdam, 1995, pp. 15-38.
30. Kowarik I.: Biologische Invasionen in Deutschland: zur Rolle nichteinheimischer Pflanzen. In: Biologische Invasionen. Herausforderung zum Handeln? I. Kowarik, U. Starfinger (eds). Neobiota, 2002, **1**: 5-24.
31. Kozłowska-Kozak K., Kozak M., Pliszko A.: Fast spread of *Dittrichia graveolens* (Asteraceae) in south-western Poland. Botanica, 2019, **25(1)**: 84-88.
32. Lutyńska M.: Badania nad aklimatyzacją i wykorzystaniem barszczu Sosnowskiego (*Heracleum sosnowskyi* Manden) jako rośliny pastewnej. Biuletyn IHAR, 1980, **139**: 1-37.
33. Marshall E.J.: Agricultural landscapes. Journal Crop Improvement, 2004, **12(1-2)**: 365-404.
34. Moravcová L., Gudžinská Z., Pyšek P., Pergl J., Perglová I.: Seed ecology of *Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*, two invasive species with different distributions in Europe. Ecology and Management of Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*); (red. P. Pyšek, M.J.W. Cock, W. Nentwig and H.P. Ravn). CAB International, 2007, pp. 157-169. [https://www.ibot.cas.cz/invasions/pdf/Moravcova%20et%20al\\_Seed%20ecology%20Heracleum%20mantegazzianum%20&%20sosnowskyi\\_in%20Pysek%20et%20al2007.pdf](https://www.ibot.cas.cz/invasions/pdf/Moravcova%20et%20al_Seed%20ecology%20Heracleum%20mantegazzianum%20&%20sosnowskyi_in%20Pysek%20et%20al2007.pdf) [15.05.2024]
35. Miklaszewska K., Pągowska E.: Problem roślinnych gatunków inwazyjnych w Polsce. Progress in Plant Protection, 2007, **47(1)**: 84-87.
36. Nowak S., Nowak A.: Starzec wąskolistny *Senecio inaequidens* D.C. w pasie autostrady koło Brzegu na Śląsku Opolskim. Fragmenta Naturae, 2018, **51**: 69-78.
37. Nowiński M.: Dzieje upraw i roślin uprawnych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa 1970, ss. 387.
38. Olacze R.: The synanthropization of plant cover in the protected areas as a scientific and conservation problem. In: Synanthropization of plant cover in new Polish research, J.B. Faliński, W. Adamowski, B. Jackowiak (eds). Phytocoenosis 10 (N.S.), Supplementum Cartographiae Geobotanicae 1998, **9**: 275-279.

39. P a s i e k a E.: Wyniki badań nad *Heracleum sosnowskyi*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1984, **257**: 257-271.
40. Peters K., Breitsameter L., Gerowitt B.: Impact of climate change on weeds in agriculture: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2014, **34(4)**: 707-721. DOI: 10.1007/s13593-014-0245-2
41. Pimentel D., McNair S., Janecka J., Wightman J., Simmonds C., O'Connell C., Wong E., Russel L., Zern J., Aquino T., Tsomondo T.: Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001, **84**: 1-20.
42. Pimentel D., Pimental M., Wilson A.: Plant, animal, and microbe invasive species in the United States and world. In: *Biological Invasions*, W. Nentwig (ed.), Ecological Studies, Springer-Verlag, 2007, **193**: 315-330.
43. P l i s z k o A.: A new record of *Senecio inaequidens* (Asteraceae) in Poland. *Acta Musei Silesiae Scientiae Naturales*, 2017, **66(2)**: 177-180. DOI: 10.1515/cszma-2017-0022
44. P y š e k P., Sádlo J., Mandák B.: Catalogue of alien plants of the Czech Republic. *Preslia*, 2002, **74**: 97-186.
45. Pyšek P., Richardson D.M., Rejmánek M., Webster G.L., Williamson M., Kirschner J.: Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon*, 2004, **53(1)**: 131-143.
46. R e n ě o M., Kornobis F.W., Domaradzki K., Jakubská-Busse A., Jurová J., Homolová Z.: How does an invasive *Heracleum sosnowskyi* affect soil nematode communities in natural conditions? *Nematology*, 2019, **21(1)**: 71-89. DOI 10.1163/15685411-00003196
47. Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D., West C.J.: Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 2000, **6**: 93-107.
48. Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2023. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa 2023, ss. 431.
49. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 grudnia 2022 r. w sprawie listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Unii i listy inwazyjnych gatunków obcych stwarzających zagrożenie dla Polski, działań zaradczych oraz środków mających na celu przywrócenie naturalnego stanu ekosystemów. *Dz.Ust. poz. 2649*.
50. R u t k o w s k i L.: Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2022, ss. 816.
51. R y v e s T.B., Clement E.J., Foster M.C.: Alien grasses of the British Isles. *Botanical Society of the British Isles*, London 1996, pp. 181.
52. S o l y m o s i P.: New adventive grass weeds in the Hungarian flora. *Növényvédelem*, 2010, **46(3)**: 117-120.
53. S o w a R., Warcholińska U.: The list of American flowering plant species established in Poland (kenophytes). *Thaiszia – Journal of Botany*, Košice, 1994, **4**: 197-210.
54. S z c z e ś n i a k E.: *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Poaceae) in Wrocław (Lower Silesia, Poland). *Acta Botanica Silesiaca*, 2004, **1**: 157-159.
55. T o k a r s k a - G u z i k B.: The expansion of some alien plant species (neophytes) in Poland. In: *Plant invasions: ecological threats and management solutions*, L.E. Child, J.H. Brock, G. Brundu, K. Prach, P. Pyšek, P.M. Wade, M. Williamson (eds). Backhuys Publishers, Leiden 2003, pp. 147-167.
56. T o k a r s k a - G u z i k B.: The establishment and spread of alien plant species (kenophytes) in the flora of Poland. *Prace Nauk. Uniw. Śląskiego, Katowice* 2005, 2372, pp. 192.
57. T o k a r s k a - G u z i k B.: Metody zwalczania roślin inwazyjnych obcego pochodzenia. W: *Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów mokradłowych Polski*, Z. Dajdok, P. Pawlacyk (red.). Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin 2009, ss. 124-131.

- 
58. Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Urbisz A., Danielewicz W.: Identyfikacja i kategoryzacja roślin obcego pochodzenia jako podstawa działań praktycznych. *Acta Botanica Silesiaca*, 2011, **6**: 23-53.
  59. Vandermeer J., Perfecto I.: The agricultural matrix and the future paradigm for conservation. *Conservation Biology*, 2007, **21**: 274-277.
  60. Weber E.: The dynamics of plant invasions: a case study of three exotic goldenrod species (*Solidago* L.) in Europe. *Journal of Biogeography*, 1998, **25(1)**: 147-154. DOI: 10.1046/j.1365-2699.1998.251119.x.
  61. Weryszko-Chmielewska E., Chwil M., Wesołowski M., Tietze M., Matysik-Woźniak A.: Rośliny wywołujące fotodermatozy. *Alergoprofil*, 2014, **10(4)**: 22-26.
  62. Williams M., Fitter A.: The varying success of invaders. *Ecology*, 1996, **77**: 1661-1666.
  63. Wójcik Z.: Historia powszechna. Wiek XVI–XVII. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2006, ss. 652.
  64. Żurek H.: Metoda i technika zwalczania barszczu Sosnowskiego. Wyd. IMUZ, Falenty 2002, ss. 20.
- 

Adres do korespondencji:

*prof. dr hab. Krzysztof Domaradzki*  
*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. 81 47 86 873*  
*e-mail: k.domaradzki@iung.wroclaw.pl*

---

AUTOR

Krzysztof Domaradzki

ORCID

0000-0002-3137-1467



Katarzyna Marczevska-Kolasa

*Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## ZAGROŻENIE UPRAW POLOWYCH GATUNKAMI CHWASTÓW ODPORNymi NA HERBICYDY W ŚWIELE BADAŃ W POLSCE\*

**Słowa kluczowe:** odporność na herbicydy, inhibitory ALS, inhibitory ACC-azy, *Apera spica-venti*, *Alopecurus myosuroides*, *Centaurea cyanus*, *Papaver rhoeas*

### Wstęp

Intensywne i długotrwałe stosowanie herbicydów o jednym specyficznym mechanizmie działania może doprowadzić do wielu niekorzystnych zjawisk środowiskowych. Jednym z nich jest selekcja biotypów chwastów odpornych na te środki. Jest to problem, który w obecnych czasach stanowi poważne zagrożenie dla produkcji roślinnej w Polsce. Odporność to dziedziczna zdolność roślin do przetrwania i reprodukcji po zastosowaniu dawki herbicydu, która zwykle powoduje jej zniszczenie (WSSA 2024). Należy przy tym zwrócić szczególną uwagę na rozróżnienie pojęcia odporności od tolerancji – czyli wrodzonej zdolności danego gatunku chwastu do przetrwania i rozmnażania się po zastosowaniu określonego herbicydu (HRAC GLOBAL 2024). O tolerancji danego gatunku chwastu na określony herbicyd informuje nas instrukcja/etykieta stosowania środka.

Wśród chwastów obecnie występują dwa podstawowe mechanizmy powstawania odporności: odporność w miejscu docelowym (ang. *target-site resistance*) oraz odporność poza miejscem docelowym (ang. *non-target site resistance*). Pierwszy mechanizm odporności hamuje działanie herbicydu poprzez zmianę struktury białka docelowego uniemożliwiającego wiązanie preparatu w jego miejscu działania (Gaines i in. 2019 i 2020). Ten mechanizm odporności powszechnie występuje u wielu gatunków chwastów na świecie. Zwykle tej odporności nie można przełamać dawką herbicydu nawet kilkudziesięciokrotnie większą od zalecanej (Délye i in. 2013).

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6.2. pt. „Monitorowanie uodparniania się agrofagów na środki ochrony roślin oraz tworzenie programów redukcji ryzyka” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2024 r.

Mechanizm odporności poza miejscem działania herbicydu jest procesem bardziej złożonym, polegającym na ograniczeniu dotarcia herbicydu do białka docelowego. Może to nastąpić na skutek zmniejszonej translokacji herbicydu do miejsca jego działania, zwiększonej detoksykacji metabolicznej herbicydu oraz sekwestracji (roz-kawałkowania) lub unieruchomienia herbicydu w części rośliny, tak aby nie mógł on dotrzeć do miejsca działania. Za ten mechanizm odporności odpowiada również nadekspresja genów prowadząca do zwiększonej produkcji enzymu docelowego, co wymaga zastosowania wyższego stężenia herbicydu, by zahamować działanie tego enzymu i spowodować śmierć rośliny (Rigon i in. 2020, Heap 2024).

Chwasty mogą wykazywać odporność prostą, krzyżową lub wielokrotną (Rola i in. 2007, Woźnica 2012, Adamczewski 2014, Gaines i in. 2020). Do tej pory typ odporności definiowano na podstawie liczby substancji aktywnych, na które biotyp wykazywał odporność oraz mechanizmów działania herbicydów. Odporność prosta dotyczyła jednej substancji aktywnej herbicydu, odporność krzyżowa – dwóch substancji aktywnych o tym samym mechanizmie działania, a odporność wielokrotna obejmowała co najmniej dwie substancje aktywne o różnych mechanizmach działania. Intensywny rozwój zjawiska odporności chwastów na herbicydy na świecie oraz liczne badania prowadzone przez ośrodki naukowe nad ustaleniem przyczyn powstawania tego zjawiska zmieniło podejście do definiowania rodzajów odporności. Obecnie mówimy o odporności krzyżowej (ang. *cross resistance*), która pojawia się w momencie, gdy dany biotyp posiada jeden mechanizm odporności umożliwiający roślinom przetrwanie zabiegu herbicydowego środkami należącymi do różnych klas chemicznych lub o różnych sposobach bądź miejscach działania. Odporność wielokrotna (ang. *multiple resistance*) natomiast dotyczy roślin, które posiadają więcej niż jeden mechanizm odporności umożliwiający im przetrwanie zabiegu herbicydami o różnych sposobach lub miejscach działania (HRAC GLOBAL 2024).

Według najnowszych badań (na dzień 4.03.2024 r.) na świecie zidentyfikowano 272 gatunki chwastów odporne na różne herbicydy, w tym 155 gatunków dwuliściennych i 117 gatunków jednoliściennych. Do tej pory chwasty rozwinęły odporność na 21 z 31 znanych miejsc działania herbicydów i na 168 różnych herbicydów. Obecność odpornych gatunków chwastów odnotowano w 100 uprawach, w 72 krajach (Heap 2024). Dane te pokazują, jak dużym problemem stają się chwasty odporne na herbicydy. Skutki tego zjawiska ponosi rolnik ze względu na utratę skuteczności działania danego środka (lub kilku), a w konsekwencji spadek plonowania rośliny uprawnej. Aby zapobiec rozprzestrzenianiu się odpornych biotypów chwastów, należy jak najszybciej zidentyfikować problem oraz wdrożyć sposoby przeciwdziałania temu zjawisku. Szczególnie trudne może okazać się zwalczanie chwastów odpornych na wiele sposobów lub miejsc działania herbicydów. Kontrolowanie biotypów o odporności krzyżowej lub wielokrotnej można osiągnąć za pomocą działań, które integrują różnorodne środki chemiczne połączone z niechemicznymi metodami ochrony roślin przed chwastami.



## Monitoring i identyfikacja odporności chwastów na herbicydy

Intensywny rozwój zjawiska odporności chwastów na herbicydy w kraju i na świecie w ostatnim czasie pokazuje, jak ważne z punktu widzenia praktyki rolniczej jest monitorowanie tego zjawiska. Dzięki systematycznemu pozyskiwaniu informacji z całego kraju możemy zarządzać danymi o odporności i podejmować odpowiednie działania. Monitoring dostarcza informacji o pojawieniu się na danym obszarze określonego gatunku chwastu odpornego na jedną lub kilka substancji aktywnych herbicydów. Dzięki takim działaniom możemy zdiagnozować problem odporności oraz określić przyczyny tego zjawiska i podjąć próby rozwiązania tej kwestii i przeciwdziałania rozszerzaniu się odporności chwastów na inne plantacje.

W celu monitorowania zjawiska odporności potrzebne są szybkie metody identyfikacji. W literaturze jest wiele informacji na temat licznych testów do wykrywania odporności. Wśród nich znajdują się testy na płytkach Petriego, testy kiełkowania nasion, testy aktywności enzymów czy też testy fluorescencji (Marczewska i in. 2007, Marczewska-Kolasa i Rola 2008, Skoczowski i in. 2010, Marczewska-Kolasa i in. 2011, Beckie i Tardif 2012, Kucharski i in. 2012). Jednak według wytycznych międzynarodowego ośrodka gromadzenia danych dotyczących odporności chwastów na herbicydy (ISHRW – *International Survey of Herbicide-Resistant Weeds*) podstawowym testem w wykrywaniu tego zjawiska jest test biologiczny wykorzystujący całe rośliny. Umożliwia on w warunkach kontrolowanych zastosowanie środka w dawkach kilkukrotnie wyższych niż zalecane, w celu wyznaczenia takiej ilości substancji, która spowoduje zmniejszenie świeżej masy części nadziemnych roślin o 50% w porównaniu z roślinami nietraktowanymi środkiem –  $ED_{50}$  (Rola i in. 2006, Burgos 2015). Odporność można uznać za potwierdzoną, jeśli uzyskane wyniki różnią się statystycznie między populacją odporną i wrażliwą. Wówczas iloraz  $ED_{50}$  dla biotypów odpornych i wrażliwych na daną substancję daje nam indeks odporności (RI) określający poziom odporności poszczególnych biotypów na substancję aktywną herbicydu. Do tej pory istniały trzy poziomy odporności: niski ( $2 < RI < 4$ ), średni ( $4 \leq RI \leq 8$ ) oraz poziom wysoki (gdy  $RI > 8$ ) (Heap 2024). Intensywny rozwój tego zjawiska na świecie spowodował dalsze badania nad interpretacją poziomu odporności. Beckie i Tardif (2012) zwracają uwagę, że coraz większa liczba biotypów odpornych na określone grupy herbicydów wymusza bardziej precyzyjne podejście do klasyfikacji poziomu odporności.

W Polsce problem odporności chwastów na herbicydy sygnalizowany jest już od lat. Pierwszym gatunkiem chwastu, u którego stwierdzono brak skuteczności chwastobójczej było przymiotno kanadyjskie. W 1983 r. potwierdzono odporność tego gatunku na atrazynę (substancja z grupy inhibitorów fotosyntezy na poziomie PS II, wycofana z rynku w 2007 r.). Później pojawiły się również inne gatunki chwastów odporne na herbicydy triazynowe, które w tym czasie w naszym kraju powszechnie stosowane były w uprawie kukurydzy, w sadach, na terenach przemysłowych i szlakach



kolejowych (Rola i Rola 1999, 2002). Liczne badania prowadzone na polach kukurydzy na terenie Dolnego Śląska potwierdziły występowanie biotypów *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* i *Echinochloa crus-galli* odpornych na atrazynę (Rola i in. 2007). W latach 90. ubiegłego stulecia na polski rynek wprowadzono herbicydy z grupy inhibitorów syntetazy acetylomleczanowej (ALS) oraz inhibitory karboksylazy acetylokoenzymu A (ACCCase). Ich powszechne stosowanie do zwalczania chwastów w zbożach i kukurydzy w dużym stopniu wpłynęło na pojawienie się biotypów chwastów odpornych również na te związki.

Obecnie oficjalne dane dotyczące Polski informują o występowaniu 15 gatunków chwastów, u których zidentyfikowano cechę odporności na herbicydy (Praczyk 2020, Nowak i Zborowski 2021, BIOSTRATEG 2024). Jak podają powyżsi autorzy, gatunki takie jak: paluszniak krwawy (*Digitaria sanguinalis*), komosa biała (*Chenopodium album*), konyza kanadyjska (*Conyza canadensis*), psianka czarna (*Solanum nigrum*), szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus*), tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris*), wierzbownica gruczołowata (*Epilobium ciliatum*), wykazują odporność na atrazynę/simazynę – substancje obecnie wycofane z polskiego rynku. Dodatkowo u szarłatu szorstkiego i komosy białej zidentyfikowano odporność na metamitron (substancja z grupy inhibitorów fotosyntezy PS II), a konyzy kanadyjskiej na imazapyr i glifosat. Jak wskazują dane zebrane w tabeli 1, dużym problemem naszych pól są gatunki chwastów odpornych na herbicydy stosowane głównie w ochronie zbóż. Dominuje tutaj odporność na inhibitory ALS (grupa 2), graminy z grupy inhibitorów ACC-azy (grupa 1) oraz pojedyncze przypadki odporności na syntetyczne auksyny (grupa 4).

Tabela 1

Odporność chwastów na herbicydy aplikowane w ochronie zbóż

Gatunek	Substancja aktywna herbicydu	Grupa herbicydu wg HRAC
Miotła zbożowa <i>Apera spica-venti</i>	chlorosulfuron*, jodosulfuron metylosodowy, propoksykarbazon sodowy, sulfosulfuron	2
	fenoksaprop P-etylu, pinoksaden	1
	izoproturon*	7
Wyczyniec polny <i>Alopecurus myosuroides</i>	jodosulfuron metylosodowy, mezosulfuron metylu, propoksykarbazon sodowy, chlorosulfuron*	2
	fenoksaprop P-etylu, pinoksaden	1
Owies głuchy <i>Avena fatua</i>	fenoksaprop P-etylu, pinoksaden	1
	jodosulfuron metylosodowy, mezosulfuron metylu, propoksykarbazon, sulfometuron metylu*	2
Chaber bławatek <i>Centaurea cyanus</i>	chlorosulfuron*, sulfometuron metylu*, tribenuron metylu	2
	dikamba, 2,4-D	4

cd. tab. 1

Gatunek	Substancja aktywna herbicydu	Grupa herbicydu wg HRAC
Mak polny <i>Papver rhoeas</i>	tribenuron metylu	2
Maruna bezwonna <i>Tripleurospermum inodorum</i>	tribenuron metylu	2
Rumianek pospolity <i>Matricaria recutita</i>	tribenuron metylu	2

\*substancja wycofana w UE

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze strony [www.zwalczchwasty.pl](http://www.zwalczchwasty.pl)

### Odporność gatunków jednoliściennych w Polsce

Największym zagrożeniem upraw polowych w Polsce są obecnie odporne na herbicydy gatunki chwastów jednoliściennych, głównie *Apera spica-venti* i *Alopecurus myosuroides*.

Pierwsze biotypy *A. spica-venti* odporne na chlorosulfuron zidentyfikowano na plantacji pszenicy ozimej w rejonie Dolnego Śląska (Rola i Marczevska 2002, Marczevska i Rola 2003, 2006). Później problem z odpornością miotły zbożowej potwierdzono również na północy Polski (województwa: warmińsko-mazurskie, pomorskie oraz południowa część zachodniopomorskiego) oraz na Śląsku Opolskim (Marczevska 2006, Adamczewski 2014). O powadze problemu świadczy również fakt, że w 2012 r. w północno-wschodniej części kraju zidentyfikowano odporność wielokrotną miotły zbożowej na chlorosulfuron i sulfometuron (inhibitory ALS) i jednocześnie na fenoksaprop-P-etylu (inhibitory ACC-azy) (Adamczewski i Matysiak 2012).

Według najnowszych danych problem odporności *A. spica-venti* na inhibitory ALS dotyczy już większości pól w naszym kraju. Jak podaje Praczyk i Marcinkowska (2020), spośród ponad 1000 badanych populacji miotły zbożowej z Polski stwierdzono znaczny odsetek populacji odpornych na inhibitory ALS, tj. jodosulfuron metylosodowy (78%) i piroksysulam (54%). Mniej powszechna w naszym kraju jest odporność tego gatunku na herbicydy z grupy inhibitorów ACC-azy. Biotypy odporne na fenoksaprop-P-etylu zidentyfikowano w 13% badanych populacji, a odporne na pinoksaden – 9,7% populacji. Badania potwierdziły również bardzo niski poziom odporności miotły zbożowej na chlorotoluron – tylko niecałe 7% badanych populacji wykazało tę cechę.

Na polach w południowo-zachodniej Polsce również potwierdzono odporność miotły zbożowej na herbicydy z grupy inhibitorów ALS. Testowane biotypy wykazywały odporność na propoksykarbazon sodowy, sulfosulfuron oraz mieszaninę jodosulfuronu metylosodowego z mezosulfuronem metylowym. Jak pokazują dane

w tabeli 2, ponad połowa przebadanych biotypów (55%) wykazywała wysoki stopień odporności na propoksykarbazon sodowy, a 39% wysoki poziom odporności na sulfosulfuron. W przypadku odporności na mieszaninę jodosulfuronu metylosodowego z mezosulfuronem metylowym najwyższy odsetek (23%) testowanych biotypów wykazywało niski poziom odporności. Niepokojący jest fakt, że aż 13% testowanych próbek miotły zbożowej wykazywało bardzo wysoki poziom odporności na propoksykarbazon sodowy ( $RI > 100$ ).

Tabela 2

Przykładowe wartości  $ED_{50}$  i RI dla odpornych na inhibitory ALS biotypów *A. spica-venti* w południowo-zachodniej Polsce

Nazwa substancji aktywnej herbicydu	Numer próbki	$ED_{50}$	Wartość RI	Symbol*	Odsetek biotypów odpornych (dla 102 przetestowanych próbek)
Propoksykarbazon sodowy	37	60,9	3,8	R	3%
	57	247,1	5,8	RR	10%
	65	290,8	7,3		
	31	463,3	8,8		
	20	506,3	23,0	RRR	55%
	19	937,5	53,7		
	40	1620,6	101,6	RRRR	13%
Sulfosulfuron	35	48,7	3,4	R	6%
	50	109,1	4,1		
	28	117,8	7,6	RR	15%
	29	41,0	8,3		
	24	384,1	31,2	RRR	39%
	23	633,7	51,6		
Jodosulfuron metylosodowy + mezosulfuron metylowy	37	0,6	3,1	R	23%
	38	0,7	3,3		
	66	0,7	5,8	RR	8%
	31	1,1	6,7		
	63	2,1	17,8	RRR	6%
	64	2,1	17,4		
39	4,9	24,3			

\*Stopnie odporności na podstawie RI, wg Beckiego i Tardifa (2012): r – zmniejszona podatność ( $RI = 2-2,9$ ); R – niska odporność ( $RI = 3-5$ ); RR – umiarkowana odporność ( $RI = 6-10$ ); RRR – wysoka odporność ( $RI = 11-100$ ); RRRR – bardzo wysoka odporność ( $RI > 100$ )

Źródło: badania własne prowadzone w latach 2016–2018

Do tej pory nie zidentyfikowano na plantacjach w południowo-zachodniej Polsce odporności miotły zbożowej na chlorotoluron (grupa 7) oraz na graminicidy z grupy

inhibitorów ACC-azy, takie jak: fenoksaprop-P-etylu, pinoksaden (środki stosowane w ochronie zbóż) oraz na propachizafop, chizalofop-P-etylowy (herbicydy aplikowane w ochronie rzepaku). Przeprowadzone badania w warunkach kontrolowanych (metodą testu biologicznego) udowodniły wysoką skuteczność ww. środków w niszczeniu miotły zbożowej, niezależnie od fazy rozwojowej w czasie oprysku. Zarówno aplikacja substancji w fazie BBCH 11-12, jak i początku krzewienia (BBCH 14-21) spowodowały redukcję świeżej masy roślin w przedziale 96–100% w porównaniu z roślinami nietraktowanymi herbicydami (tab. 3). Świadczy to o wrażliwości biotypów na te substancje.

Tabela 3

Redukcja świeżej masy roślin *A. spica-venti* po aplikacji różnych inhibitorów funkcjonowania karboksylazy acetylo-koenzymu A (ACCazy)

Substancja aktywna	Herbicyd	Dawka (l·ha <sup>-1</sup> )	Termin stosowania herbicydu			
			BBCH 11-12		BBCH 14-21	
			masa (g)	% redukcji	masa (g)	% redukcji
Obiekt kontrolny	-	-	0,23	-	0,76	-
Fenoksaprop-P-etylu	Puma Uniwersal 069 EW	1,2	0,008	96	0,03	96
Pinoksaden	Axial 50 EC	0,9	0,004	98	0,02	97
Propachizafop	Agil S 100 EC	0,7	0,000	100	0,02	97
Chizalofop-P-etylowy	Targa 10 EC	0,5	0,002	99	0,03	96

Źródło: badania własne prowadzone w latach 2020–2023

Innym gatunkiem jednoliściennym zagrażającym uprawom ozimym w naszym kraju jest *A. myosuroides*. Gatunek ten ze względu na swoje wymagania siedliskowe występuje tylko w niektórych rejonach naszego kraju. Jest to roślina, która preferuje gleby wilgotne, średnie do ciężkich, zwięzłe, gliniaste oraz rędziny, o dużej zawartości wapnia i substancji odżywczych (Adamczewski i in. 2016). Największe skupiska wyczyńca polnego występują głównie w zachodniej i północnej Polsce. Do tej pory potwierdzono odporność wyczyńca na północy Polski (w dolinie Odry i na Żuławach) oraz w południowo-zachodniej Polsce (Adamczewski 2014, Parylak i in. 2020, Marczevska-Kolasa i in. 2022). Na ponad 160 przebadanych populacji *A. myosuroides* większość z nich wykazała odporność na inhibitory ALS (piroksysulam) i inhibitory ACC-azy (fenoksaprop-P-etylu, pinoksaden). Na piroksysulam cechę odporności wykazywało 66% przebadanych populacji, na fenoksaprop-P-etylu – aż 83%, a na pinoksaden – 56% populacji. Znaczna liczba biotypów wyczyńca (47%) wykazywała również odporność na chlorotoluron (Praczyk i Marcinkowska 2020). Problem odporności wyczyńca polnego na herbicydy dotyczy również pól w południowo-zachodniej Polsce. Pojawiły się informacje o potencjalnej odporności tego gatunku na fenoksaprop-P-etylu, pinoksaden, piroksulam, jodosulfuron, chlorotolu-

ron i pendimetalinę (Parylak i in 2020). Według innych badań prowadzonych przez Marczevską-Kolasę i in. (2022) na tym obszarze zidentyfikowano i potwierdzono odporność wyczyńca polnego na inhibitory ALS w 3 rejonach: okolice Grodkowa (województwo opolskie) oraz okolice Dzierżoniowa i Legnicy (województwo dolnośląskie). Z 22 przetestowanych biotypów *A. myosuroides* aż 17 wykazywało odporność, z czego połowa z nich na propoksykarbazon sodowy, 36% na sulfosulfuron i 23% na mieszaninę jodosulfuronu metylosodowego z mezosulfuronem metylowym. Dodatkowo wszystkie osobniki, u których potwierdzono odporność na mieszaninę substancji sulfonilomocznikowych wykazywały również odporność na sulfosulfuron i propoksykarbazon sodowy. Spośród odpornych biotypów wyczyńca polnego najwyższy odsetek (23%) stanowiły osobniki ze zmniejszoną podatnością na sulfosulfuron, a 18% biotypów wykazywało wysoki stopień odporności na propoksykarbazon sodowy (RI = 20–30). Oprócz tego pojedyncze osobniki (6%) wykazywały wysoki poziom odporności na sulfosulfuron oraz mieszaninę jodosulfuronu metylosodowego z mezosulfuronem metylowym (tab. 4).

Tabela 4

Przykładowe wartości ED<sub>50</sub> i RI dla odpornych na inhibitory ALS biotypów *A. myosuroides* w południowo-zachodniej Polsce

Nazwa substancji aktywnej herbicydu	Numer próbki	ED <sub>50</sub>	Wartość RI	Symbol*	Odsetek biotypów odpornych (dla 22 przetestowanych próbek)
Propoksykarbazon sodowy	02	62,5	2,9	r	3%
	13	78,6	3,8	R	12%
	01	105,3	5,0		
	47	541,8	22,6	RRR	18%
	46	727,0	30,3		
Sulfosulfuron	13	42,9	2,1	r	23%
	02	33,1	2,3		
	47	53,0	2,7		
	10	52,4	3,6	R	7%
	46	306,4	15,4	RRR	6%
Jodosulfuron metylosodowy + mezosulfuron metylowy	14	1,6	3,1	R	6%
	10	1,4	5,7	RR	12%
	47	4,7	8,7		
	46	12,8	23,8	RRR	6%

\*Stopnie odporności na podstawie RI, wg Beckiego i Tardifa (2012): r – zmniejszona podatność (RI = 2–2,9); R – niska odporność (RI = 3–5); RR – umiarkowana odporność (RI = 6–10); RRR – wysoka odporność (RI = 11–100); RRRR – bardzo wysoka odporność (RI > 100)

Źródło: badania własne prowadzone w latach 2016–2018

Badania prowadzone w latach 2020–2023 w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu nad odpornością tego gatunku na inne grupy herbicydów pozwoliły wyselekcjonować biotypy wyczyńca polnego odporne na graminicydy z grupy inhibitorów ACC-azy aplikowane zarówno w ochronie zbóż (pinoksaden, fenoksaprop-P-etylu), jak i stosowane w uprawie rzepaku (chizalofop-P-etylowy oraz propachizafop). Jak pokazują dane w tabeli 5, największy odsetek testowanych osobników wykazywał wysoką i bardzo wysoką ( $RI > 100$ ) odporność na fenksaprop-P-etylu. Jedna próbka pochodząca z plantacji w województwie opolskim wykazywała odporność na wszystkie testowane inhibitory ACC-azy. Biotyp ten posiadał zmniejszoną podatność na pinoksaden ( $RI = 2,6$ ) oraz niską odporność na chizalofop-P-etylowy ( $RI = 4,9$ ), a umiarkowaną na propachizafop. Potwierdzono u niego również odporność na inhibitory ALS (chlorosulfuron, piroksysulam), więc jest to biotyp z odpornością wielokrotną (tab. 5).

Tabela 5

Przykładowe wartości  $ED_{50}$  i RI dla odpornych na inhibitory ACC-azy biotypów *A. myosuroides* w południowo-zachodniej Polsce

Nazwa substancji aktywnej herbicydu	Numer próbki	$ED_{50}$	Wartość RI	Symbol*	Odsetek biotypów odpornych (dla 27 przetestowanych próbek)
Fenoksaprop-P-etylu	3586/22	1351,8	70,5	RRR	15%
	3495/21	1249,8	65,2		
	3589/22	2760,0	128,4	RRRR	11%
	3496/21	2944,0	153,6		
Pinoksaden	3586/22	92,3	2,6	r	4%
Propachizafop	3586/22	143,0	6,1	RR	4%
Chizalofop-P-etylowy	3586/22	227,0	4,9	R	4%

\*Stopnie odporności na podstawie RI, wg Beckiego i Tardifa (2012): r – zmniejszona podatność ( $RI = 2-2,9$ ); R – niska odporność ( $RI = 3-5$ ); RR – umiarkowana odporność ( $RI = 6-10$ ); RRR – wysoka odporność ( $RI = 11-100$ ); RRRR – bardzo wysoka odporność ( $RI > 100$ )

Źródło: badania własne prowadzone w latach 2020–2023

Odporność chwastów jednoliściennych na herbicydy dotyczy już całego kraju. Na terenie Polski powszechnie występuje odporność miotły zbożowej na inhibitory ALS. Również zwalczanie wyczyńca polnego stanowi poważny problem w niektórych rejonach kraju ze względu na pojawienie się odporności na inhibitory ALS oraz graminicydy z grupy inhibitorów ACC-azy. Poza tymi dwoma gatunkami jednoliściennymi, w południowo-wschodniej Polsce potwierdzono odporność także owsa głuchego biotypu MIECH na fenoksaprop-P-etylu oraz biotypu SPYT na diklofop (Stokłosa i in. 2006). Na plantacjach pszenicy ozimej Dolnego Śląska zidentyfikowano też pojedyn-

cze przypadki potencjalnie odpornej stokłosa żytniej na sulfosulfuron, piroksysulam i propoksykarbazon sodu (Pytlarz i Andrzejak 2022).

### Odporność gatunków dwuliściennych w Polsce

Odporność chwastów dwuliściennych w Polsce jest stale monitorowana poprzez prowadzenie badań przesiewowych w tym zakresie. Do tej pory potwierdzono odporność *Centaurea cyanus* głównie na inhibitory ALS. Pierwsze przypadki odporności tego gatunku w Polsce zidentyfikowano w 2002 r. (Rola i Marczevska 2002, Marczevska i Rola 2006). Biotypy pochodziły z południowo-zachodniej Polski i wykazywały odporność na chlorosulfuron. Później Adamczewski i Kierzek (2010, 2011) informowali o pojawieniu się w północno-wschodniej Polsce odporności chabra bławatka dodatkowo na tribenuron metylu. Na tym terenie odnotowano również pojedynczą populację odporną na dikambę, o czym informował prof. Adamczewski z IOR-PIB w Poznaniu (Heap 2024). Z badań przeprowadzonych na terenie naszego kraju przez Stankiewicz-Kosyl i in. (2020, 2021) wynika, że odporność chabra bławatka na herbicydy dotyka w głównej mierze północne i południowo-wschodnie regiony Polski. Pojedyncze przypadki zidentyfikowano również na Dolnym Śląsku. Spośród 159 zebranych populacji, aż 83 były zdiagnozowane jako odporne na inhibitory ALS (tribenuron metylu, florasulam). Wśród nich pojawiły się biotypy wykazujące jednocześnie odporność na obie te substancje, co oznacza, że posiadają one odporność krzyżową. Spośród przebadanych biotypów chabra bławatka wyselekcjonowano 3 populacje, u których potwierdzono odporność wielokrotną zarówno na inhibitory ALS, jak i syntetyczne auksyny (2,4-D i dikamba).

Ostatnie badania prowadzone na polach południowo-zachodniej Polski również potwierdziły występowanie na tym terenie biotypów chabra bławatka odpornych na herbicydy. Największy odsetek biotypów tego gatunku (29%) wykazywało odporność na chlorotoluron – inhibitor fotosyntezy PS II (tab. 6). Zidentyfikowano tutaj osobniki zarówno o zmniejszonej podatności (RI = 2,9), jak i takie, które wykazywały umiarkowaną odporność (RI = 6,4). Dodatkowo potwierdzono odporność chabra bławatka na tribenuron metylowy i florasulam (inhibitory ALS). Dwa spośród 21 przetestowanych biotypów chabra wykazywało odporność zarówno na inhibitory fotosyntezy, jak i na inhibitory ALS, co świadczy o pojawieniu się u nich odporności wielokrotnej. Badania te są jeszcze na wstępnym etapie i wymagają dalszego rozwoju, by móc określić zagrożenie upraw polowych odpornymi biotypami chabra bławatka.



Tabela 6

Przykładowe wartości  $ED_{50}$  i RI dla odpornych biotypów *C. cyanus* w południowo-zachodniej Polsce

Nazwa substancji aktywnej herbicydu	Numer próbki	$ED_{50}$	Wartość RI	Symbol*	Odsetek biotypów odpornych (dla 21 przetestowanych próbek)
Inhibitory ALS					
Tribenuron metylowy	<b>3623/22</b>	20,0	4,3	R	9%
	<b>3619/22</b>	36,1	7,7	RR	
Florasulam	3517/21	5,4	4,3	R	5%
Inhibitory fotosyntezy PS II					
Chlorotoluron	<b>3623/22</b>	2630,1	2,9	r	29%
	<b>3619/22</b>	3484,9	3,9	R	
	3622/22	3570,4	4,0	R	
	3521/21	5769,8	6,4	RR	

\*Stopnie odporności na podstawie RI, wg Beckiego i Tardifa (2012): r – zmniejszona podatność (RI = 2–2,9); R – niska odporność (RI = 3–5); RR – umiarkowana odporność (RI = 6–10); RRR – wysoka odporność (RI = 11–100); RRRR – bardzo wysoka odporność (RI > 100)

Źródło: badania własne prowadzone w latach 2020–2023

Doniesienia literaturowe wskazują, że w niektórych rejonach kraju zidentyfikowano również inne gatunki chwastów dwuliściennych, nieniszczone przez herbicydy. Pierwsze przypadki odporności *Papaver rhoeas* pojawiły się w 2005 r. (Kucharski 2005, Kucharski i Rola 2007). W południowo-zachodniej Polsce w latach 2000–2005 przeprowadzono badania na 179 próbach w celu identyfikacji odporności tego gatunku chwastu na herbicydy z grupy inhibitorów fotosyntezy (grupa HRAC 5/7). Wyniki tych badań udowodniły w głównej mierze odporność maku polnego na triazyny i bentazon. Oprócz tego w testach biologicznych i w badaniach pomiaru fluorescencji potwierdzono pojedynczy przypadek odporności tego gatunku na izoproturon – substancję stosowaną w ochronie zbóż, a wycofaną z rynku w Polsce w 2016 r. (Kucharski 2005).

W 2014 r. pojawiły się doniesienia o odporności *P. rhoeas* i *M. maritima* ssp. *inodora* na tribenuron metylu (Adamczewski i in. 2014). Próbki nasion pochodziły z pól na terenie Żuław Gdańskich. Przetestowano 5 próbek nasion maku polnego i 5 próbek maruny bezwonnej. Jak informują powyżsi autorzy, po dwa biotypy przebadanych gatunków wykazywały wysoki poziom odporności na tę substancję (RI > 20). Efektywna dawka tribenuronu metylu, powodująca 50% redukcję masy roślin maku polnego, wynosiła 53–58 g s.a.·ha<sup>-1</sup>, a w przypadku maruny bezwonnej – wartość  $ED_{50}$  wahała się od 56 do 60 g s.a.·ha<sup>-1</sup>.



W 2017 r. w ramach konsorcjum przeprowadzono badania, w których zidentyfikowano odporność *P. rhoeas* na jodosulfuron metylosodowy (21% przebadanych populacji), tribenuron metylowy – 19% i na florasulam – 16% testowanych biotypów (Praczyk i Marcinkowska 2020). Jak jednak podkreślają wymienieni autorzy, badania te są na wstępnym etapie i należy je kontynuować.

Odporność chwastów dwuliściennych na herbicydy w naszym kraju jest na etapie rozwoju. Głównym gatunkiem, który stanowi obecnie problem jest *C. cynaus* odporny przede wszystkim na środki z grupy inhibitorów ALS. Niepokojący może być fakt, że w niektórych rejonach mamy już do czynienia z odpornością wielokrotną tego gatunku na herbicydy z różnych grup chemicznych i o różnych mechanizmach działania. Nie należy tego faktu lekceważyć, tylko trzeba monitorować sytuację i jak najszybciej rozpocząć zabiegi przeciwdziałające rozprzestrzenianiu się tego zjawiska w naszym kraju.

### Podsumowanie

Odporność chwastów na herbicydy jest zjawiskiem złożonym, ale w obecnych czasach posiadamy już sporą wiedzę na temat mechanizmów jego powstawania. Niemniej jednak z roku na rok na całym świecie pojawiają się nowe informacje o biotypach odpornych na różne substancje czynne herbicydów. Również plantacje w naszym kraju (zwłaszcza zbóż) zagrożone są występowaniem takich chwastów. Dlatego w obecnej sytuacji bardzo duże znaczenie mają badania, które pozwalają nadzorować pojawianie się nowych przypadków odporności na plantacjach. Najlepszą formą identyfikacji tego problemu jest monitoring, który umożliwi szybkie rozpoznanie zjawiska i odpowiedź na zaistniałą sytuację. W świetle działań zgodnych z integrowaną ochroną roślin plantatorzy zobligowani są do kompleksowego podejścia do odporności chwastów, którego głównym elementem jest monitoring i identyfikacja problemu, a następnie wybór optymalnych działań i stosowanie ich w odpowiednich terminach. W myśl tych zasad, w działaniach związanych z zapobieganiem odporności chwastów należy połączyć właściwą agrotechnikę z płodozmianem, a następnie wykorzystać metody mechaniczne i profilaktyczne w zwalczaniu chwastów. Dzięki takim działaniom możemy ograniczyć selekcję odpornych biotypów i jednocześnie zredukować stosowanie herbicydów do minimum, zwłaszcza że ochrona herbicydowa może niebawem stać się trudniejsza ze względu na założenia Zielonego Ładu. Wycofywanie substancji czynnych herbicydów spowoduje zubożenie listy dostępnych preparatów. Ograniczy to wybór środków do zwalczania odporności, zwłaszcza herbicydów o zróżnicowanym mechanizmie działania. W takiej sytuacji tylko szybka identyfikacja problemu może przynieść pozytywny efekt. Dlatego też badania monitoringowe są podstawowym narzędziem do diagnozy tego zjawiska i umożliwiają w dość krótkim czasie ustalenie skali problemu na terenie całego kraju.

## Literatura

1. Adamczewski K.: Odporność chwastów na herbicydy. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014, ss. 276.
2. Adamczewski K., Kierzek R.: Cornflower (*Centaurea cyanus* L.) cross resistance on ALS inhibitors. Progress in Plant Protection, 2010, **50**: 287-290.
3. Adamczewski K., Kierzek R.: Mechanism of resistance to sulfonylurea herbicides of *Centaurea cyanus* L. biotypes cross-resistant. Progress in Plant Protection, 2011, **51**: 317-324.
4. Adamczewski K., Kierzek R., Matysiak K.: Biotypes of scentless chamomile *Matricaria maritima* (L.) ssp. *inodora* (L.) Dostal and common poppy *Papaver rhoeas* (L.) resistant to tribenuron methyl, in Poland. Journal of Plant Protection Research, 2014, **54**: 401-406. DOI: 10.2478/jppr-2014-0060
5. Adamczewski K., Kierzek R., Matysiak K.: Multiple resistance to acetolactate synthase (ALS)- and acetyl-coenzyme A carboxylase (ACCase)-inhibiting herbicides in black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) populations from Poland. Journal of Plant Protection Research, 2016, **56(4)**: 402-410. DOI: 10.1515/jppr-2016-0059
6. Adamczewski K., Matysiak K.: The mechanism of resistance to ALS-inhibiting herbicides in biotypes of wind bent grass (*Apera spica-venti* L.) with cross and multiple resistance. Polish Journal of Agronomy, 2012, **10**: 3-8.
7. Beckie H.J., Tardif F.J.: Herbicide cross resistance in weeds. Crop Protection, 2012, **35**: 15-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.12.018>
8. BIOSTRATEG. IOR-PIB. [www.zwalczchwasty.pl](http://www.zwalczchwasty.pl) [5.03.2024].
9. Burgos N.L.: Whole-Plant and Seed Bioassays for Resistance Confirmation. Weed Science 2015, **63(1)**: 152-165. DOI: <http://dx.doi.org/10.1614/WS-D-14-00019.1>
10. Délye C., Jasieniuk M., Le Corre V.: Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. Trends in Genetics, 2013, **29(11)**: 649-658. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tig.2013.06.001>
11. Gaines T.A., Duke S.O., Morran S., Rigon C.A.G., Tranel P.J., Küpper A., Dayan F.E.: Mechanisms of evolved herbicide resistance. Journal of Biological Chemistry, 2020, **295(30)**: 10307-10330. DOI: 10.1074/jbc.REV120.013572
12. Gaines T.A., Patterson E.L., Neve P.: Molecular mechanisms of adaptive evolution revealed by global selection for glyphosate resistance. New Phytologist, 2019, **223**: 1770-1775. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15858>
13. Heap I.: The International Herbicide-Resistant Weed Database. [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org) [4.03.2024].
14. HRAC GLOBAL. Herbicide Resistance Action Committee. <https://hracglobal.com/> [4.03.2024].
15. Kucharski M.: Odporność chwastów na herbicydy z grupy inhibitorów fotosyntezy PS II na polach uprawnych południowo-zachodniej Polski. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2005, **14**: 1-103.
16. Kucharski M., Rola H.: Corn poppy (*Papaver rhoeas* L.) populations resistant to photosystem II inhibiting herbicides in Poland. In 14th European Weed Research Society Congress, Hamar, Norway, 17–21 June 2007, p. 154.
17. Kucharski M., Marczevska-Kolasa K., Rola H., Domaradzki K.: Odporność chwastów na herbicydy w świetle badań IUNG-PIB w latach 1999–2010. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2012, **28(2)**: 55-67.
18. Marczevska K.: Phytotoxicity and efficacy of chlorsulfuron in winter wheat. Journal of Plant Protection Research, 2006, **46(4)**: 387-396.
19. Marczevska K., Rola H.: Rozwój odporności chwastów na substancje aktywne herbicydów. Ochrona Roślin, 2003, **5**: 16-18.

20. Marczevska K., Rola H.: Identification of resistant to chlorsulfuron of *Apera spica-venti* and *Centaurea cyanus* biotypes and chemical methods their control in winter wheat. Progress in Plant Protection, 2006, **56**: 215-222.
21. Marczevska K., Rola H., Sadowski J.: Wolne aminokwasy wskaźnikiem odporności chwastów na chlorosulfuron. Progress in Plant Protection, 2007, **47(3)**: 199-205.
22. Marczevska-Kolasa K., Kucharski M., Bortniak M.: Odporność wyczyńca polnego (*Alopecurus myosuroides* Huds.) na inhibitory ALS w rejonie południowo-zachodniej Polski. Progress in Plant Protection, 2022, **46**: 215-222. DOI: <http://dx.doi.org/10.14199/ppp-2022-010>
23. Marczevska-Kolasa K., Rola H.: Methods of identification of *Centaurea cyanus* biotypes resistant to chlorsulfuron in South – West Poland. Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI Stuttgart, 2008, p. 87-90.
24. Marczevska-Kolasa K., Skoczowski A., Kucharski M., Sumislawska J., Sadowski J.: Biochemiczne metody identyfikacji odporności chwastów na herbicydy. Progress in Plant Protection, 2011, **51(2)**: 1225-1234.
25. Nowak D., Zborowski D.: Resiherb – system doradczy w zakresie zarządzania odpornością chwastów na herbicydy. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego, 2021, **2(104)**: 60-69.
26. Parylak D., Pytlarz E., Kuc P., Tendziagolska E., Wacławowicz R.: Zagrożenie wyczyńcem polnym (*Alopecurus myosuroides*) odpornym na herbicydy w południowo-zachodniej Polsce. Streszczenia IOR-PIB, Poznań, 11–13.02.2020, s. 129.
27. Praczyk T.: Chwasty odporne rozlewają się na kraj. Topagrar POLSKA, 2020, s. 9.
28. Praczyk T., Marcinkowska K.: Odporność chwastów na herbicydy w uprawach pszenicy ozimej w Polsce. Streszczenia IOR-PIB, Poznań, 11–13.02.2020, s. 10-11.
29. Pytlarz E., Andrzejak O.: Zagrożenie potencjalnie odpornymi na herbicydy biotypami stokłosa żytniej (*Bromus secalinus* L.) na Dolnym Śląsku. Progress in Plant Protection, 2022, **62(1)**: 5-10. DOI: 10.14199/ppp-2022-001
30. Rigon C.A.G., Gainess T.A., Küpper A., Dayan F.E.: Metabolism-Based Herbicide Resistance, the Major Threat Among the Non-Target Site Resistance Mechanisms. Outlooks on Pest Management, 2020, **31(4)**: 162-168. DOI: 10.1564/v31
31. Rola H., Kucharski M., Marczevska K., Gawroński W.S., Ciarka D., Szalacha E.: Metody identyfikacji biotypów odpornych na herbicydy z grupy inhibitorów fotosyntezy fotosystemu II. IUNG-PIB Puławy, 2006, s. 1-27.
32. Rola H., Marczevska K.: Biotypy chwastów odporne na chlorosulfuron w rejonie Wrocławia. Progress in Plant Protection, 2002, **42(2)**: 575-577.
33. Rola H., Marczevska K., Kucharski M.: Zjawisko odporności chwastów na herbicydy w uprawach rolniczych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **8**: 29-40.
34. Rola H., Rola J.: Badania nad występowaniem chwastów odpornych na triazyny na Dolnym Śląsku. Progress in Plant Protection, 1999, **39(1)**: 372-378.
35. Rola H., Rola J.: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli* Biotypes resistant to triazine herbicides in corn in south-western Poland. Pamiętnik Puławski, 2002, **129**: 11-24.
36. Skoczowski A., Saja D., Marczevska-Kolasa K.: Odporność chwastów na herbicydy – poszukiwanie nowych metod zwalczania i testowania ich odporności. Edukacja Bilogiczna i Środowiskowa, 2010, **2(34)**: 57-63.
37. Stankiewicz-Kosyl M., Synowiec A., Haliniarz M., Wenda-Piesik A., Domaradzki K., Parylak D., Wrochna M., Pytlarz E., Gala-Czekaj D., Marczevska-Kolasa K., Marcinkowska K., Praczyk T.: Herbicide resistance and management options of *Papaver rhoeas* L. and *Centaurea cyanus* L. in Europe. Agronomy, 2020, **10(6)**: 874. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10060874>

- 
38. Stankiewicz-Kosyl M., Haliniarz M., Wrochna M., Synowiec A., Wenda-Piesik A., Tendziagolska E., Sobolewska M., Domaradzki K., Skrzypczak G., Łykowski W., Krysiak M., Bednarczyk M., Marcinkowska K.: Herbicide resistance of *Centaurea cyanus* L. in Poland in the context of its management. *Agronomy*. 2021, **11(10)**: 1954. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11101954>
  39. Stokłosa A., Kieć J.: Stopień odporności owsa głuchego na inhibitory ACC-azy w Polsce południowo-wschodniej. *Acta Agrobotanica*, 2006, **59(2)**: 263-274.
  40. Woźnica Z.: *Herbologia. Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów*. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne Sp. z o.o. Poznań 2012, ss. 440.
  41. WSSA. Weed Science Society of America. <https://wssa.net/> [4.03.2024].

---

Adres do korespondencji:

*dr Katarzyna Marczevska-Kolasa*  
*Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. 81 47 86 895*  
*e-mail: k.marczevska@iung.wroclaw.pl*

---

AUTOR	ORCID
Katarzyna Marczevska-Kolasa	0000-0001-5625-5991



**Tomasz Snopczyński, Marcin Bortniak**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

CIEPŁOLUBNE CHWASTY Z RODZINY WIECHLINOWATYCH (POACEAE)  
– CHARAKTERYSTYKA ORAZ MOŻLIWOŚCI ZWALCZANIA\*

**Słowa kluczowe:** chwasty ciepłolubne, chwasty prosowate, chwastnica jednostronna, włośnica  
sina, włośnica zielona, palusznik krwawy

**Wstęp**

Do rodziny wiechlinowatych (traw) – Poaceae należą najważniejsze rośliny uprawne świata, m.in. pszenica, ryż i kukurydza. W rodzinie tej znajduje się także szereg uciążliwych i powszechnie występujących chwastów, których obecność na gruntach ornych może przyczynić się do poważnych strat plonu. Jak podają Skrzypczak i Adamczewski (2002), z 20 najbardziej znaczących w skali całego globu gatunków chwastów, aż połowa należy do rodziny wiechlinowatych, z czego niemal wszystkie to rośliny ciepłolubne. Dwa z wymienionych w tym zestawieniu ciepłolubnych gatunków traw – chwastnica jednostronna i palusznik krwawy występują powszechnie także na terenie Polski. Obie te rośliny wchodzi w skład grupy określanej jako chwasty prosowate. Nazwa „chwasty prosowate”, na którą można natknąć się w polskojęzycznej literaturze popularnonaukowej, a czasami także w publikacjach naukowych, nie jest ścisłym terminem botanicznym. W praktyce herbologicznej nazywa się tak grupę ciepłolubnych chwastów należących do rodziny wiechlinowatych. Do pewnego czasu, mówiąc o chwastach prosowatych, miało się na myśli chwastnicę jednostronną, włośnicę siną i zieloną. Później do grupy tej dołączyły paluszniaki (Paradowski 2003). Wszystkie te gatunki prowadzą fotosyntezę typu C4, która jest przystosowaniem roślin do wysokich natężeń światła, podwyższonej temperatury i suszy (Drożak i in. 2012).

Chwasty prosowate najliczniej pojawiają się w późno wysiewanych lub wysadzanych uprawach jarych, takich jak np. burak cukrowy, kukurydza, ziemniak, soja,

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6.2. pt. „Monitorowanie uodparniania się agrofagów na środki ochrony roślin oraz tworzenie programów redukcji ryzyka” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2024 r.

słonecznik. Często występują w zachwaszczeniu wtórnym. Szczyt ich wschodów przypada na ogół na drugą połowę wiosny, niekiedy dopiero na początek lata. Dzięki temu mogą uniknąć zniszczenia przez niektóre zabiegi pielęgnacyjne, w tym wcześniej aplikowane herbicydy pobierane drogą dolistną. Postępujące zmiany klimatyczne sprzyjają poszerzaniu obszarów zasięgu chwastów prosowatych, a także wzrostowi liczebności poszczególnych populacji. Obserwowane w naszym kraju pojawianie się chwastnicy jednostronnej, włośnicy sieniei i zielonej w uprawach zbóż, także w chłodniejszych siedliskach niższych położen górkich, gdzie dawniej nie były spotykane, może być symptomem potwierdzającym ocieplenie klimatu (Dąbkowska i Łabza 2010). Ekspansji prosowatych sprzyja także stosowanie nawozów naturalnych – ich nasiona mogą przejść przez układ pokarmowy niektórych zwierząt w stanie nienaruszonym (Paradowski 2003).

Celem pracy przeglądowej była charakterystyka wybranych gatunków chwastów z rodziny wiechlinowatych (chwastnicy jednostronnej, włośnicy sieniei, włośnicy zielonej oraz palusznika krwawego) pod względem ich występowania, biologii rozwoju, szkodliwości oraz możliwości zwalczania.

### **Chwastnica jednostronna – *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.**

#### **MORFOLOGIA**

Chwastnica jednostronna dorasta do około 100 cm wysokości. Źdźbła w dolnej części ma nierzadko fioletowo nabiegłe, w dolnych kolankach zgięte, wyżej wyprostowane. Pochwy liściowe lekko spłaszczone. Liście szerokie, brzegiem na ogół faliste, bez języczka liściowego. Kwiatostany to gęste wiechy o długości do 30 cm, wyprostowane lub jednostronnie zwieszane. Ziarniaki oplewione, długości ok. 2–3 mm, z jednej strony wypukłe, po drugiej spłaszczone.

#### **WYSTĘPOWANIE I BIOLOGIA**

Chwastnica jednostronna występuje pospolicie na obszarze całego kraju, poza terenami górkimi. Rośnie chętnie na glebach piaszczysto-gliniastych i piaszczystych. Preferuje stanowiska zasobne lub bardzo zasobne w składniki pokarmowe, umiarkowanie wilgotne (świeże) lub wilgotne, odczynie od umiarkowanie kwaśnego po obojętny (Zarzycki i in. 2002). W Polsce jest najpospolitszym gatunkiem jednoliścienym zachwaszczającym plantacje kukurydzy i ziemniaka (Gołębiowska i in. 2015, Krähmer 2016, Urbanowicz 2016, Domaradzki i Bortniak 2023).

Chwastnica jednostronna charakteryzuje się wysokimi potrzebami termicznymi. W temperaturze poniżej 10°C kiełkowanie tego gatunku zmniejsza się radykalnie (Praczyk i Stachecki 1994). W glebach umiarkowanie wilgotnych oraz wilgotnych, najwięcej ziarniaków chwastnicy kiełkuje z głębokości 2 cm, a w glebach suchych z głębokości 3–5 cm (Dzieżyc 1962). Wschody są możliwe z głębokości do 15 cm

(Praczyk i Stachecki 1994, Benvenuti i in. 2001). Chwastnica kwitnie od lipca do października. Pojedynczy osobnik, w zależności od warunków siedliska, wydaje średnio od ok. 150 sztuk do kilkunastu tysięcy ziarniaków (Kwiecińska i Malicki 2002, Zawieja 2010). Według Praczyka i Stacheckiego (1994) ziarniaki utrzymują w glebie żywotność przez 3–7 lat, natomiast według Dawsona i Brunsa (1975) – nawet do 13 lat.

### SZKODLIWOŚĆ

Chwastnica jednostronna to jeden z 3 najgroźniejszych chwastów w skali całego globu (Skrzypczak i Adamczewski 2002). Jest to roślina silnie konkurencyjna i nawet w niewielkim nasileniu może spowodować istotne straty plonu. Krajowe źródła jako próg szkodliwości dla kukurydzy podają występowanie 3–6 osobników chwastnicy na m<sup>2</sup> plantacji (Bereś i Mrówczyński 2013). W badaniu Roli i Roli (2002) chwast ten w nasileniu 50 szt.·m<sup>-2</sup> obniżył plon zielonej masy kukurydzy o 46%. Chwasty pobrały przy tym ilość potasu zbliżoną do pobrania tego składnika przez kukurydzę rosnącą w zagęszczeniu 9 roślin·m<sup>-2</sup>. Rola (1986) podaje, że chwastnica, występując w łanie kukurydzy w stopniu masowym przez okres 4 tygodni, spowodowała średnią redukcję plonu o 28–29%. W buraku cukrowym zachwaszczenie chwastnicą w nasileniu 3 szt.·m<sup>-2</sup> obniżyło plon korzeni, w zależności od przebiegu pogody, o 13 do 48%. W sezonach cieplejszych i bardziej suchych straty były wyższe w porównaniu z sezonami chłodniejszymi i bardziej przekropnymi (Praczyk i Stachecki 1994). W uprawie ziemniaka obecność 4–8 i 16 roślin chwastnicy na powierzchni 10 m<sup>2</sup> plantacji spowodowała średnie straty bulw wynoszące odpowiednio: ~11% i ~20% (Ratajczyk 1993).

### Włośnica sina – *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult.

#### MORFOLOGIA

Żdźbła włośnicy sonej osiągają do 60 cm wysokości, są wzniesione lub podnoszące się. Liście dość szerokie, równowąskie. W miejscu jęczyczka znajduje się wieniec krótkich włosków. W pobliżu nasady blaszek liściowych zwykle są obecne długie, odstające włoski. Kwiatostan to walcowata, kłosokształtna wiecha z żółtobrunatnymi lub czerwonawymi szczecinkami. Ziarniaki szeroko jajowate, o długości 2–3 mm.

#### WYSTĘPOWANIE I BIOLOGIA

Włośnica sina jest w Polsce gatunkiem pospolitym, nieco rzadszym w północnych regionach. Preferuje gleby lekkie piaszczyste i piaszczysto-gliniaste. Licznie pojawia się na stanowiskach umiarkowanie ubogich w składniki pokarmowe, o odczynie umiarkowanie kwaśnym po obojętny, suchych lub świeżych (Zarzycki i in. 2002). Tymrakiewicz (1976) podaje, że włośnica sina ma niższe wymagania względem



zasobności podłoża w porównaniu z włośnicą zieloną. Według Adamczewskiego (2014) włośnica sina jest gatunkiem bardziej rozpowszechnionym na polach uprawnych w Polsce niż włośnica zielona. Autorzy niniejszego opracowania podczas lustracji prowadzonych w ostatnich latach w kukurydzy w okolicach Wrocławia (łącznie kilkadziesiąt stanowisk) obserwowali przede wszystkim włośnicę siną, włośnica zielona na plantacjach w tym regionie pojawiała się sporadycznie.

Ziarniaki włośnicy sonej wymagają do kiełkowania temperatury 15–20°C (Mowszowicz 1986). W badaniu szklarniowym Dawson i Bruns (1962) odnotowali najwięcej wschodów (ok. 80%) z głębokości 2,54 cm, natomiast nieliczne wschody z głębokości 12,7 cm (z większej głębokości wschodów nie obserwowano). Kwitnienie odbywa się od lipca do września. W badaniu Kwiecińskiej (2004) włośnica sina na glebie lekkiej produkowała średnio od kilkudziesięciu (w zbożach ozimych) do kilkuset ziarniaków (w okopowych). Mowszowicz (1986) podaje, że jedna roślina wydaje do kilku tysięcy ziarniaków, które w glebie mogą utrzymać zdolność kiełkowania przez 10–15 lat.

### SZKODLIWOŚĆ

Włośnica sina, występując w kukurydzy w bardzo dużym nasileniu (kilkaset osobników na m<sup>2</sup>), może spowodować obniżkę plonu sięgającą ~80% (Lindquist i in. 1999). W badaniu przeprowadzonym w Iowa (USA) poziom strat plonu kukurydzy silnie zachwaszczonej tym gatunkiem zależał zarówno od poziomu nawożenia, jak i odmiany rośliny uprawnej. Najmniejszą obniżkę plonu (statystycznie nieistotną) odnotowano w przypadku wczesnej odmiany kukurydzy intensywnie nawożonej azotem (Staniforth 1961). W Quebec (Kanada) włośnica sina zachwaszczająca pszenicę jarą w nasileniu 850 i 240 szt.·m<sup>-2</sup> spowodowała istotne straty wyłącznie w przypadku, gdy roślina uprawna wysiewana była późno i wschodziła w tym samym czasie co chwasty. Przy wczesnych siewach pszenicy strat plonu nie odnotowano (Vezina 1992).

### Włośnica zielona – *Setaria viridis* (L.) P. Beauv.

#### MORFOLOGIA

Włośnica zielona ma źdźbła cienkie, wzniesione lub pokładające się, o wysokości do 60 cm. Liście z wierzchu i na brzegach szorstkie. Zamiast jęczyczka obecny jest pęczek włosków. Kwiatostan to walcowata kłosokształtna wiecha. Żdźbło pod kwiatostanem szorstkie. Ziarniaki jajowate, o długości 1,5–2,2 mm.

#### WYSTĘPOWANIE I BIOLOGIA

Włośnica zielona to gatunek pospolity w Polsce. Pojawia się na różnych glebach, często na lekkich, piaszczysto-gliniastych lub piaszczystych. Preferuje stanowiska umiarkowanie ubogie w składniki pokarmowe, świeże, o odczynie od umiarkowanie

kwaśnego po obojętny (Zarzycki i in 2002). Według Adamczewskiego (2014) włośnica zielona ma nieco większe wymagania cieplne od włośnicy sinej, co sprawia, że częściej pojawia się w sezonach suchych i ciepłych oraz w południowo-wschodnim rejonie Polski.

Wschody włośnicy zielonej rozpoczynają się w temperaturze 15–20°C (Paradowski 2015). W badaniu przeprowadzonym w Kanadzie nasiona tego gatunku kiełkowały w temperaturze 10°C, był to jednak proces bardzo powolny. Pierwsze symptomy kiełkowania dostrzeżono dopiero po upływie 26 dni (Vanden Born 1971). W badaniu szklarniowym ziarniki włośnicy zielonej dobrze wschodziły z głębokości 2,54 cm, a w ograniczonym stopniu z 10,16 cm (z większej głębokości wschodów nie obserwowano) (Dawson i Bruns 1962). Kwitnienie przebiega od lipca do września. Według Czubińskiego i Paradowskiego (2014) pojedynczy osobnik włośnicy zielonej wytwarza średnio 400–800 nasion. Egzemplarze prowadzące vegetację w sprzyjających warunkach są zdolne wydać ich nawet 5 000–12 000 szt. (Vanden Born 1971). Ziarniki utrzymują żywotność w glebie do 13–15 lat (Dawson i Bruns 1975, Rola i in 2001).

### SZKODLIWOŚĆ

W prowincji Ontario (Kanada) przeprowadzono 2-letnie badanie dotyczące szkodliwości włośnicy zielonej dla kukurydzy. Według jego autorów chwasty w nasileniu 56 szt.·m<sup>-2</sup> (pierwszy rok badań) oraz 20 szt.·m<sup>-2</sup> (drugi rok badań) nie spowodowały statystycznie istotnej obniżki plonu. Wyższe zachwaszczenie, tj. 129 szt.·m<sup>-2</sup> oraz 119 szt.·m<sup>-2</sup>, spowodowało straty odpowiednio o ok. 17,5% i ok. 16,25% (Sibuga i Bandeen 1980). W buraku cukrowym włośnica w nasileniu 26 szt.·m<sup>-2</sup> oraz 52 szt.·m<sup>-2</sup> obniżyła plon odpowiednio o 18 t·ha<sup>-1</sup> oraz 24 t·ha<sup>-1</sup>, podczas gdy na obiekcie kontrolnym (bez chwastów) uzyskano plon 66 t·ha<sup>-1</sup> (Douglas i in 1985). Badania Blackshawa i in. (1981) wykazały duże różnice w szkodliwości włośnicy zielonej dla pszenicy jarej, w zależności od odmiany rośliny uprawnej oraz warunków siedliska (głównie temperatury i wilgotności gleby w okresie siewu i początkowego wzrostu). W pierwszym roku badań, przy nasileniu chwastów wynoszącym 100 szt.·m<sup>-2</sup> pszenica plonowała istotnie niżej, natomiast w 3 roku, nawet przy występowaniu włośnicy zielonej w nasileniu 1600 szt.·m<sup>-2</sup> (w innej odmianie pszenicy) nie zauważono istotnego spadku plonowania.

### Palusznik krwawy – *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.

### MORFOLOGIA

Palusznik krwawy osiąga zazwyczaj do 60 cm wysokości. Źdźbła ma liczne, czasami purpurowo nabiegłe, wzniesione lub podnoszące się, zakorzeniające się w dolnych węzłach. Blaszki liściowe i pochwy zwykle są odstająco owłosione, języ-

czek liściowy krótki, tępo zakończony. Kłosa palczasto skupione na szczycie źdźbła. Ziarniaki jajowato-podługowate, długości ok. 2,25–3,00 mm.

## WYSTĘPOWANIE I BIOLOGIA

Palusznik krwawy występuje dość pospolicie na niżu. W starszych atlasach chwastów można natrafić na informację, że gatunek ten jako chwast polny notowany jest wyłącznie w południowej części kraju, natomiast w środkowej i północnej Polsce występuje tylko w ogrodach i miejscach ruderalnych (Mowszowicz 1986, Tymrakiewicz 1976). Palusznik krwawy preferuje gleby piaszczyste lub gliniasto-piaszczyste. Ma niewygórowane wymagania siedliskowe, pojawia się najliczniej na stanowiskach ubogich w składniki pokarmowe i kwaśnych (Zarzycki i in. 2002).

Kiełkowanie paluszniaka krwawego odbywa się z najpłytszej warstwy gleby (do 4 cm). Z nieco większych głębokości wschody są ograniczone (z 6 cm) lub nie odbywają się wcale (z 8 cm) (Benvenuti i in. 2001). Jest to gatunek o bardzo dużych wymaganiach termicznych, pojawiający się na plantacjach dopiero późną wiosną lub latem. Według Lauera (cyt. za Dobrzański 2008) minimum termiczne dla kiełkowania tego gatunku to ok. 20°C, a optimum to 25–40°C. W badaniu przeprowadzonym w Chinach, w temperaturze 15°C, wykiełkowało 1% nasion paluszniaka krwawego, natomiast w temperaturze 20°C odsetek ten zwiększył się do ok. 80% (Wang i in. 2018). Kwitnienie rozpoczyna się w lipcu i trwa do września/października. Pojedynczy osobnik prowadzący vegetację w warunkach silnej konkurencji ze strony innych roślin wydaje od 100 do 6800 ziarniaków (w warunkach optymalnych wielokrotnie więcej), które utrzymują w glebie żywotność do 3 lat (Mohler i in. 2021).

## SZKODLIWOŚĆ

Palusznik krwawy to jeden z najgroźniejszych chwastów na świecie (Skrzypczak i Adamczewski 2002). Znaczenie tej rośliny w Polsce nie jest jednak duże. Spośród przedstawionych w artykule gatunków palusznik krwawy pojawia się na krajowych polach najrzadziej. Chwastem problematycznym jest najczęściej w cieplejszych strefach klimatycznych. W Nowej Zelandii palusznik krwawy w nasileniu 5 szt. · m<sup>-2</sup> obniżył plon kukurydzy cukrowej o 33% (Hartley 1992). W USA (Karolina Północna) 11; 22 i 33 osobniki tego gatunku na m<sup>2</sup> pozostawione przez cały sezon na plantacji pomidora (uprawa z siewu) obniżyły plon odpowiednio o 48%, 67% i 70% (Monaco i in. 1981).

## Regulacja zachwaszczenia

Do chemicznej walki z ciepłolubnymi gatunkami z rodziny wiechlinowatych (Poaceae) plantatorzy mogą wykorzystać szereg substancji czynnych, które pozwalają efektywnie regulować liczebność tej grupy chwastów we wszystkich najważniej-

szych uprawach. Na etykietach wielu krajowych herbicydów w wykazie chwastów wrażliwych często wymieniana jest chwastnica jednostronna, włośnica sina oraz włośnica zielona. Do niszczenia tych trzech chwastów zalecane są aktualnie niektóre z herbicydów zawierających, m.in. nikosulfuron, tembotrion, propachizafop, fluaazyfop-P-butyloowy oraz chizalofop-P-etylu. Natomiast palusznik krwawy jako gatunek wrażliwy wymieniony jest na wybranych etykietach preparatów zawierających m.in.: aklonifen, cykloksydym, propachizafop, czy też chizalofop-P-etyloowy (Wyszukiwarka środków ochrony roślin 2024). Jak można zauważyć, te same substancje czynne mogą być wykorzystane do zwalczania różnych gatunków prosowatych. Należy jednak pamiętać, że skuteczność działania herbicydów zależy od szeregu czynników (m.in. dawki preparatu, terminu zabiegu, warunków siedliskowych), a bliskie pokrewieństwo pomiędzy roślinami nie gwarantuje, że ich wrażliwość na poszczególne substancje chwastobójcze będzie identyczna. W badaniu szklarniowym Szeleźniaka (2007) włośnica sina była znacznie wrażliwsza na działanie tralkoksydymu (s.cz. wycofana w UE) stosowanego z surfaktantami niż palusznik krwawy. Cauwer i in. (2012) ustalili, że do skutecznego niszczenia chwastnicy brodawkowej dawka topramezonu i sulkotrionu musi być od 5 do 14 razy wyższa w porównaniu z dawką wymaganą do zniszczenia chwastnicy jednostronnej.

W wielu regionach globu naukowcy zidentyfikowali biotypy chwastów prosowatych (najczęściej chwastnicy jednostronnej) uodpornione na działanie herbicydów. W Polsce w latach 90. ubiegłego stulecia potwierdzono obecność biotypów chwastnicy jednostronnej oraz paluszniaka krwawego uodpornionych na atrazynę (s.cz. wycofana w UE) (Heap 2024). Kilka lat temu pojawiła się także informacja o wykryciu w woj. wielkopolskim populacji chwastnicy jednostronnej w wysokim stopniu odpornej na działanie nikosulfuronu (Syngenta prosto z pola 2020).

### Podsumowanie

Chwastnica jednostronna, włośnica sina, włośnica zielona oraz palusznik krwawy to cieplolubne rośliny z rodziny wiechlinowatych (traw) zwyczajowo nazywane chwastami prosowatymi. Gatunki te najczęściej zachwaszczają plantacje późno wysiewanych lub wysadzanych w szerokiej rozstawie rzędów upraw jarych (m.in. kukurydzy i ziemniaka). W Polsce najpospolitszym chwastem prosowatym jest chwastnica jednostronna. Włośnica sina i zielona pojawiają się rzadziej, jednak ich znacznie także jest duże, zwłaszcza w niektórych regionach. Według Adamczewskiego (2014) od włośnicy zielonej liczniej na polach występuje włośnica sina, co potwierdzają także obserwacje prowadzone w woj. dolnośląskim przez autorów tej publikacji. Z przedstawionych gatunków najrzadziej na krajowych gruntach ornych pojawia się palusznik krwawy. Zachodzące zmiany klimatyczne (ocieplenie klimatu) sprzyjają poszerzaniu obszarów zasięgu chwastów prosowatych, można zatem podejrzewać, że znaczenie tej grupy chwastów będzie wzrastać.

Do walki z gatunkami prosowatymi rolnicy mają do dyspozycji szereg herbicydów zarejestrowanych do stosowania w różnych gatunkach uprawnych. Decydując się na chemiczną ochronę plantacji, należy uwzględnić m.in. fakt, że chwasty mogą uodpornić się na działanie substancji czynnych. W wielu regionach globu potwierdzono obecność populacji chwastów prosowatych (najczęściej chwastnicy jednostronnej) odpornych na działanie niektórych herbicydów. Pod koniec XX w. w Polsce wykryto biotypy chwastnicy jednostronnej oraz paluszniaka krwawego uodpornione na atrazynę. Kilka lat temu w woj. wielkopolskim na plantacji kukurydzy zidentyfikowano chwastnicę jednostronną w wysokim stopniu odporną na działanie nikosulfuronu.

### Literatura

1. Adamczewski K.: Odporność chwastów na herbicydy. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2014, ss. 276.
2. Benvenuti S., Macchia M., Miele S.: Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. *Weed Science*, 2001, **49(4)**: 528-535.
3. Beres P.K., Mrówczyński M. (red.): *Metodyka integrowanej ochrony kukurydzy dla producentów*. Wyd. IOR-PIB, Poznań 2013, ss. 67.
4. Blackshaw R.E., Stobbe E.H., Sturko A.R.W.: Effect of seeding dates and densities of green foxtail (*Setaria viridis*) on the growth and productivity of spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*, 1981, **29(2)**: 212-217.
5. Cauwer B.D., Rombaut R., Bulcke R., Reheul D.: Differential sensitivity of *Echinochloa muricata* and *Echinochloa crus-galli* to 4-hydroxyphenyl pyruvate dioxygenase and acetolactate synthase-inhibiting herbicides in maize. *Weed Research*, 2012, **52**: 500-509.
6. Czubiński T., Paradowski A.: *Atlas chwastów dla praktyków*. Wyd. Top Agrar Polska, Poznań 2014, ss. 288.
7. Dąbkowska T., Łabza T.: Gatunki z rodziny *Poaceae* w uprawach zbóż na wybranych siedliskach Polski południowej w ostatnich 25 latach (1981–2006). *Fragmenta Agronomica*, 2010, **27(2)**: 47-59.
8. Dawson J.H., Bruns V.F.: Emergence of barnyardgrass, green foxtail, and yellow foxtail seedlings from various soil depths. *Weed Science*, 1962, **10(2)**: 136-139.
9. Dawson J.H., Bruns V.F.: Longevity of barnyardgrass, green foxtail, and yellow foxtail seeds in soil. *Weed Science*, 1975, **23(5)**: 437-440.
10. Dobrzański A.: Rola chwastów zimących i ozimych w agroflocenozach upraw warzyw. *Zeszyty Naukowe Wydziału Ogrodniczego, Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna w Skierniewicach*, 2008, **8**: 85-100.
11. Domaradzki K., Bortniak M.: Zmiany w zbiorowiskach chwastów segetalnych wybranych roślin uprawnych na przestrzeni ostatnich 50 lat oraz prognozy na przyszłość. *Progress in Plant Protection*, 2023, **63(4)**: 191-204.
12. Douglas B.J., Thomas A.G., Morrison I.N., Maw M.G.: The biology of Canadian weeds: 70. *Setaria viridis* (L.) Beauv. *Canadian Journal of Plant Science*, 1985, **65**: 669-690.
13. Drożak A., Wasilewska W., Buczyńska A., Romanowska E.: Fotosynteza typu C4. *Postępy Biochemii*, 2012, **58(1)**: 44-53.
14. Dziżyński J.: Zwalczanie chwastów. PWRiL, Warszawa 1962, ss. 235.
15. Gółbiewska H., Snopczyński T., Domaradzki K., Rola H.: Zmiany w zachwaszczeniu kukurydzy w południowo-zachodnim rejonie Polski w latach 1963–2013. *Progress in Plant Protection*, 2015, **55(3)**: 327-339.

16. Hartley M.J.: Competition between three weed species and two crops. Proceedings of the First International Weed Control Conference. Vol. 2. Melbourne, Australia, 1992, s. 203-207.
17. Heap I.: The International Herbicide-Resistant Weed Database. [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org) [16.05.2024].
18. Krähmer H. (red.): Atlas of weed mapping. Wiley-Blackwell, Chichester, UK, 2016, ss. 472.
19. Kwiecińska E.: Plenność niektórych gatunków chwastów segetalnych na glebie lekkiej. Annales UMCS, sec. E, 2004, **59(3)**: 1183-1191.
20. Kwiecińska E., Malicki L.: Plenność *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., oraz *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. w różnych siedliskach. Pamiętnik Puławski, 2002, **129**: 169-174.
21. Lindquist J.L., Mortensen D.A., Westra P., Lambert W.J., Bauman T.T., Fausey J.C., Kells J.J., Langton S.J., Harvey R.G., Bussler B.H., Banken K., Clay S., Forcella F.: Stability of corn (*Zea mays*)-foxtail (*Setaria* spp.) interference relationships. Weed Science, 1999, **47**: 195-200.
22. Mohler C.L., Teasdale J.R., DiTommaso A.: Manage weeds on your farm: a guide to ecological strategies. Sustainable Agriculture Research and Education. 2021, ss. 416. <https://www.sare.org/wp-content/uploads/Manage-Weeds-on-Your-Farm.pdf> [17.05.2024].
23. Monaco T.J., Grayson A.S., Sanders D.C.: Influence of four weed species on the growth, yield, and quality of direct-seeded tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). Weed Science, 1981, **29(4)**: 394-397.
24. Mowszowicz J.: Krajowe chwasty polne i ogrodowe. PWRiL, Warszawa 1986, ss. 672.
25. Paradowski A.: Chwasty prosoвате – charakterystyka i zwalczanie. Ochrona Roślin, 2003, **47(4)**: 2-4.
26. Paradowski A.: Herbologia w tabelach. Grupa Osadkowski, 2015, ss. 499.
27. Praczyk T., Stachewski S.: Chwastnica jednostronna – biologia, szkodliwość i zwalczanie. Ochrona Roślin, 1994, **38(6)**: 8-10.
28. Ratajczyk G.: Wpływ stopnia zachwaszczenia niektórymi gatunkami chwastów na plonowanie ziemniaka. Mat. 33 Sesji Nauk. IOR., cz. II. Postery, 1993, s. 219-222.
29. Rola H.: Zależność wysokości plonów kukurydzy od okresu występowania w łanie *Echinochloa crus-galli* i *Amaranthus retroflexus*. Pamiętnik Puławski, 1986, **87**: 155-170.
30. Rola H., Rola J.: Występowanie *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli* – biotypów odpornych na triazyny w kukurydzy na terenie południowo-zachodniej Polski. Pamiętnik Puławski, 2002, **129**: 11-24.
31. Rola H., Rola J., Zaliwski A.: Rozmieszczenie chwastów segetalnych w uprawach rolniczych Polski. IUNG, Wrocław, 2001, ss. 42.
32. Sibuga K.P., Bandeen J.D.: Effects of green foxtail and lamb's-quarters interference in field corn. Canadian Journal of Plant Science, 1980, **60**: 1419-1425.
33. Skrzypczak G., Adamczewski K.: Najgroźniejsze chwasty świata w roślinach uprawnych w XXI wieku. Progress in Plant Protection, 2002, **42(1)**: 358-367.
34. Staniforth D.W.: Responses of corn hybrids to yellow foxtail competition. Weeds, 1961, **9(1)**: 132-136.
35. Syngenta prosto z pola. Problem odporności chwastnicy jednostronnej w kukurydzy. Sezon 2020: <https://www.youtube.com/watch?v=TaznOiK3J98> [17.05.2024].
36. Szelińska E.: Skuteczność chwastobójcza tralkoksydymu w zależności od gatunku i fazy rozwojowej chwastów oraz fizykochemicznych właściwości adiuwantów. Pamiętnik Puławski, 2007, **146**: 129-137.
37. Tymrakiewicz W.: Atlas chwastów. PWRiL, Warszawa 1976, ss. 440.
38. Urbanowicz J.: Zachwaszczenie plantacji ziemniaka w Polsce w latach 2000–2015. Ziemniak Polski, 2016, **3**: 42-46.
39. Wang Y.H., Ma Y.L., Feng G.J., Li H.H.: Abiotic factors affecting seed germination and early seedling emergence of large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). Planta Daninha, 2018, **36**: 1-10.

- 
40. Wyszukiwarka środków ochrony roślin: [www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin](http://www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin) [17.05.2024].
  41. V a n d e n B o r n W.H.: Green foxtail: seed dormancy, germination, and growth. Canadian Journal of Plant Science, 1971, **51**: 53-59.
  42. V e z i n a L.: Influence de la date de semis sur la compétition de peuplements de *Setaria pumila* et d'*Echinochloa crus-galli* avec l'orge et le blé du printemps. Weed Research, 1992, **32**: 57-65.
  43. Z a r z y c k i K., T r z c i ń s k a - T a c i k H., R ó ż a ń s k i W., S z e ł a g Z., W o ł e k J., K o r z e n i a k U.: Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. Wyd. Inst. Bot. PAN, Kraków, 2002, ss. 183.
  44. Z a w i e j a J.: Wybrane cechy biologii *Echinochloa crus-galli* w zależności od miejsca występowania. Fragmenta Agronomica, 2010, **27(2)**: 171-176.
- 

Adres do korespondencji:

*mgr inż. Tomasz Snopczyński*  
*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. 81 47 86 945*  
*e-mail: t.snopczynski@iung.wroclaw.pl*

---

AUTOR	ORCID
Tomasz Snopczyński	0000-0003-3799-2181
Marcin Bortniak	0000-0002-6286-4774



**Marcin Bortniak, Tomasz Snopczyński**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

CHWASTY ZIMUJĄCE Z RODZINY WIECHLINOWATYCH (POACEAE) –  
CHARAKTERYSTYKA ORAZ MOŻLIWOŚCI ZWALCZANIA\*

**Słowa kluczowe:** chwasty jednoliścienne, miotła zbożowa, wyczyniec polny, stokłosa żytnia, stokłosa płonna, samosiewy zbóż

---

**Wstęp**

Regulacja zachwaszczenia jest jednym z najważniejszych elementów decydujących o wielkości i jakości plonu. Obecnie uprawiane gatunki i odmiany roślin, uzyskane przez człowieka, są bardzo wrażliwe na konkurencyjne oddziaływanie chwastów i pozbawione ochrony, łatwo ustępują im miejsca (Domaradzki 2009). Szczególnie niebezpieczne są te gatunki chwastów, które wcześniej pojawiają się w uprawach (wschodzą wraz z rośliną uprawną) i mogą konkurować z nimi o składniki pokarmowe, wodę, światło i przestrzeń przez długi okres wzrostu i rozwoju (Woźnica 2008). W uprawach ozimych chwasty mogą pojawiać się i zagrażać im od momentu ich wysiewu, przez okres spoczynku zimowego (podczas którego mogą czasem kiełkować i prowadzić wegetację pomimo niskich temperatur), aż do zbioru (w przypadku niezwalczania). Wśród ogółu chwastów na uwagę zasługują rośliny z rodziny wiechlinowatych (zwane chwastami jednoliściennymi), które są dzikimi, wyselekcjonowanymi przez człowieka lub nawet uprawnymi gatunkami traw. Spośród tych zimujących największe znaczenie mają chwasty typowe, takie jak miotła zbożowa, wyczyniec polny, stokłosa, a także będące chwastami fakultatywnymi – samosiewy zbóż. Znajomość ich biologii, ekologii oraz szkodliwości dla upraw jest pomocne przy podejmowaniu decyzji o zwalczaniu oraz zapobieganiu rozprzestrzenianiu się tych gatunków. Optymalna strategia walki z chwastami umożliwia zmniejszenie presji na zasiewy,

---

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6.2. pt. „Monitorowanie uodparniania się agrofagów na środki ochrony roślin oraz tworzenie programów redukcji ryzyka” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2024 r.



w których występują, a także na uprawy następcze. Podejmowanie działań profilaktycznych, w tym m.in. stosowanie głębokiej orki, może być efektywną metodą eliminacji gatunków trawiastych. Pomimo tego najskuteczniejszą metodą wciąż pozostaje użycie środków chemicznych. Uzyskanie optymalnego efektu chwastobójczego jest jednak uzależnione od wielu czynników, np. fazy rozwojowej chwastu, warunków pogodowych czy sposobu aplikacji, a dodatkowo niektóre gatunki chwastów uodporniły się na substancje czynne herbicydów.

Celem pracy było scharakteryzowanie najważniejszych chwastów jednoliściennych wschodzących jesienią i zimujących w uprawach oraz przedstawienie możliwości walki z tymi agrofagami.

### Charakterystyka chwastów

#### **Miotła zbożowa** *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.

Jest to najpospolitszy gatunek z rodziny wiechlinowatych zachwaszczający uprawy ozime w Polsce. Miotła zbożowa jest rośliną jednoroczną (terofitem), której maksimum wschodów przypada jesienią. Siewki *A. spica-venti* mają bardzo wąski (nitkowaty) pierwszy liść. Rośliny dojrzałe osiągają ponad 100 cm wysokości. Źdźbła mają delikatnie prążkowane, liście o szorstkich na brzegu blaszkach. Pochwy liściowe są otwarte, a języczek długi, na szczycie ząbkowany. Kwiatostan to luźna, rozpierchła wiecha. Owocem jest drobny (do 1,5 mm dł.), żółtobrazowy ziarniak niezrośnięty z plewkami (Mowszowicz 1986, Sudnik-Wójcikowska 2015).

Miotła zbożowa preferuje stanowiska na piaskach i glinach piaszczystych. Optymalne warunki znajduje na glebach świeżych, umiarkowanie żyznych, o odczynie kwaśnym i umiarkowanie kwaśnym (Zarzycki i in. 2002). Jednak badania nad wpływem siedliska na cechy morfologiczne i biochemiczne miotły zbożowej nie wykazały różnic w zależności od warunków glebowych (pH, zawartość N, P). Wskazuje to na dużą plastyczność tego gatunku i możliwość rozwoju w zróżnicowanych warunkach siedliskowych (Lejman i in. 2022). Przeprowadzone w IUNG-PIB we Wrocławiu doświadczenia wykazały, że miotła zbożowa najliczniej występuje w przypadku siewu bezpośredniego pszenicy ozimej (uprawa zerowa), a w uprawie uproszczonej i konwencjonalnej jest jej istotnie mniej (Weber i in. 2012). Najczęściej zachwaszcza ona uprawy ozime – zboża i rzepak. Kwitnie od czerwca do lipca. Jest rośliną wiatropylną i wiatrosiewną. Miotła jest gatunkiem bardzo plennym, mogącym wytworzyć na jednej roślinie do 16 000 ziarniaków, które są zdolne do kiełkowania od razu po opadnięciu na glebę. Najliczniej wschodzi z powierzchni gleby lub z ziarniaków przykrytych warstwą gleby do 1 cm. Ziarniakki umieszczone poniżej 2 cm głębokości wschodzą sporadycznie. Optymalną temperaturą do wschodów jest 10–12°C, ale siewki mogą pojawiać się już w 3–5°C (Afonin i in. 2008). Żywotność ziarniaków w glebie oceniana jest w różnych badaniach od 1 roku do nawet 7 lat (Warwick i in. 1985). Szybciej tracą one zdolność kiełkowania w glebach uprawianych i przewietrzanych.

Miotła zbożowa jest chwastem silnie konkurującym z roślinami uprawnymi. W badaniu określającym straty plonu spowodowane obecnością tego gatunku wykazano, że obecność 5; 10; 25 i 50 szt. · m<sup>-2</sup> powodowało zmniejszenie plonu pszenicy ozimej odpowiednio o 1; 6; 16 oraz 27%. Masowe zachwaszczenie miotłą zbożową, sięgające 150–200 szt. · m<sup>-2</sup>, spowodowało zmniejszenie plonu pszenicy ozimej nawet o 70% (Rola i in. 2013). Podawane w literaturze progi ekonomicznej szkodliwości dla tego chwastu wynoszą 5–10 roślin · m<sup>-2</sup> w pszenicy ozimej (Rola i in. 2013).

### **Wyczyńnic polny** *Alopecurus myosuroides* Huds.

Gatunek ten, chociaż zaliczany do archeofitów, poważne problemy zaczął stwarzać w uprawach dopiero pod koniec XX w. Według niektórych badaczy ekspansja wyczyńca polnego i zajmowanie przez niego nowych arealów w kraju spowodowana jest prawdopodobnie importem materiału siewnego z zagranicy zanieczyszczonego odporniejszymi na herbicydy biotypami tego gatunku (Dajdok i Szczęśniak 2009).

Wyczyńnic jest gatunkiem jednorocznym, tworzącym formy zimujące i jare. Osiąga od 40 do 85 cm wysokości. Liście tego gatunku często są czerwonawe u nasady. Pochwy liściowe mają otwarte, a jęczyzek długi i ząbkowany. Kwiatostanem wyczyńca jest kłosokształtna, walcowata wiecha zwężająca się z obu stron. Jest ona barwy jasnozielonej, ale fioletowo nabiegłej. Owocem jest jajowaty, oplewiony ziarniak długości ok. 5 mm (Mowszowicz 1986).

*A. myosuroides* spotykany jest na glebach cięższych – piaskach gliniastych i utworach pylastych. Lubi gleby świeże, żyzne lub średnio zasobne w składniki pokarmowe, a pod względem odczynu – lekko kwaśne i obojętne (Zarzycki i in. 2002). Chociaż najczęściej rośnie wśród upraw ozimych (zboż, rzepaku), to może zachwaszczać też rośliny okopowe. Okres kwitnienia przypada na maj–sierpień. Wyczyńnic polny jest gatunkiem zapylanym przez wiatr, ale może też być samopylny. Rozmnaża się wyłącznie generatywnie, za pośrednictwem ziarniaków, których produkuje od kilkudziesięciu do kilku tysięcy na jednym osobniku. Do kiełkowania ziarniaki wymagają temperatury minimum 3–5°C, natomiast optymalna temperatura to 15–25°C (Sauerborn i Koch 1988). Umieszczone w glebie nie wschodzą z głębokości większej niż 5 cm, przy czym największa liczba pojawia się z warstwy 0–2 cm (Maréchal i in. 2012). W glebie ziarniaki mogą przetrwać do 10 lat.

Ustalony w warunkach krajowych próg ekonomicznej szkodliwości dla tego chwastu w pszenicy ozimej wynosi 25 szt. · m<sup>-2</sup> (Domaradzki i Rola 2006, Domaradzki i in. 2010). W badaniach laboratoryjnych w ZHiTUR IUNG-PIB wykazano, że ziarniaki *A. myosuroides* umieszczone w sąsiedztwie ziarniaków pszenicy ozimej odmiany Bogatka obniżyły zdolność kiełkowania rośliny uprawnej nawet o ponad 40% w porównaniu z obiektem kontrolnym. Diaspory wyczyńca polnego wpływały inhibicyjnie także na długość korzeni pszenicy ozimej (Marczewska-Kolasa i in. 2010).

### **Stokłosa żytnia** *Bromus secalinus* L.

Stokłosa żytnia jest chwastem zaliczanym do *archaeophyta anthropogena*, czyli jest gatunkiem, którego powstanie i ewolucja są ściśle powiązane z działalnością rolniczą. Jest przystosowana do rozprzestrzeniania się wraz z ziarnem zbóż (speirochoria), co umożliwiło niemal całkowite jej wyeliminowanie w momencie wprowadzenia skutecznych metod oczyszczania materiału siewnego i ochrony herbicydowej plantacji (Kački i in. 2011, Węgrzynek i Nowak 2013). Doprowadziło to do umieszczenia stokłosa żytniej na „czerwonej liście” roślin jako gatunek narażony (Zarzycki i Szela 2006). Od kilkunastu lat badacze zwracają jednak uwagę na zwiększanie udziału *B. secalinus* w uprawach zbóż (Korniak i Dynowski 2011, Ziemińska-Smyk 2012). Ponowna ekspansja tego chwastu spowodowała jego usunięcie z listy roślin zagrożonych (Kaźmierczakowa i in. 2016).

*B. secalinus* jest trawą jednoroczną, wschodzącą głównie jesienią. Jej siewki mają równowąski, zaostrowany na szczycie pierwszy liść pokryty długimi włoskami. Żdźbła stokłosa żytniej osiągną 90 cm wysokości. Blaszki liściowe są z wierzchu i na brzegu rzadko owłosione. Pochwy liściowe są nagie lub niekiedy owłosione (dolne). Języczek jest krótki, ząbkowany. Wiecha osiąga do 20 cm długości, po przekwitnięciu zwiesza się jednostronnie. Owocem jest długi, do 7 mm, oplewiony, brunatny ziarniak (Mowszowicz 1986, Sudnik-Wójcikowska 2015).

Stokłosa żytnia preferuje gleby świeże, umiarkowanie zasobne w składniki pokarmowe, których odczyn mieści się w zakresie od umiarkowanie kwaśnego do obojętnego (Zarzycki i in. 2002). Obserwowana bywa jednak na różnych typach i rodzajach gleb, co sugeruje, że jest to gatunek o szerokiej tolerancji na warunki siedliskowe (Węgrzynek i Nowak 2013). Jest chwastem upraw zbożowych, zwłaszcza ozimych, rzadko bywa spotykana w okopowych. Kwitnie od czerwca do lipca. Jeden osobnik wydaje przeciętnie 800–1600 ziarniaków (Adamczewski i in. 2015), ale ich liczba może dochodzić nawet do 6000 (Afonin i in. 2008). Stokłosa żytnia nie potrzebuje wysokich temperatur do wschodów, bez problemu kiełkuje w 5°C. Najlepiej kiełkują ziarniaki umieszczone na powierzchni gleby, natomiast brak wschodów obserwowano z głębokości 10 cm (Adamczewski i in. 2015) lub 12 cm (Kapeluszny i Haliniarz 2007). Ziarniaki zachowują zdolność do przetrwania w glebie ok. 2–3 lat (Adamczewski i in. 2015).

Stokłosa żytnia jest chwastem o dużej konkurencyjności dla upraw zbożowych. W doświadczeniu przeprowadzonym w warunkach polowych zachwaszczenie pszenicy ozimej stokłosą żytnią w liczbie 8–10 szt. · m<sup>-2</sup> powodowało istotne straty plonu rośliny uprawnej. Przy zagęszczeniu sięgającym 75–80 szt. · m<sup>-2</sup> spadek plonu pszenicy wynosił ok. 55%. Próg ekonomicznej szkodliwości dla tego gatunku ustalono na poziomie 5–6 szt. · m<sup>-2</sup> (Adamczewski i in. 2015).

### **Stokłosa płonna *Bromus sterilis* L.**

Stokłosa płonna jest gatunkiem również zimującym w uprawach. Jest to trawa tworząca luźne kępki, o źdźbłach długości 50–70 cm. Od bardzo podobnej stokłosa dachowej (*Bromus tectorum* L.) różni się m.in. zazwyczaj nagim źdźbłem pod wiechą oraz tym, że wiecha zwiesza się na wszystkie strony. Błazki liściowe *B. sterilis* pokryte są krótkimi włoskami z obu stron. Pochwy liściowe są owłosione długimi, miękkimi włoskami. Jęczyzek postrzępiony, długości do 4 mm. Wiecha osiąga 15–25 cm długości, złożona jest z długich, szorstkich gałązek 1- lub 2-kłoskowych. Owocem jest długi, do 14 mm, czarnobrazowy, oplewiony ziarniak (Mowszowicz 1986, Sudnik-Wójcikowska 2015).

Ten gatunek stokłosa charakteryzuje się niskimi wymaganiami wilgotnościowymi. Spotykany jest na suchych, piaszczystych glebach. Nie ma też wygórowanych wymagań co do zasobności w składniki pokarmowe, najczęściej występuje na glebach umiarkowanie żyznych. Optymalne dla tego gatunku są gleby o odczynie obojętnym (Zarzycki i in. 2002). Chociaż najczęściej *B. sterilis* spotyka się na terenach ruderalnych, miedzach, przydrożach i ugorach, coraz częściej wkracza ona w uprawy zbóż właśnie z otoczenia pól. Powodem tego jest stosowanie uproszczeń w uprawie i nastawianie plantatorów na uprawy ozime (Kaczmarek i Adamczewski 2007). Okres kwitnienia tego gatunku przypada na maj–lipiec. Stokłosa płonna produkuje ok. 200–1000 ziarniaków, które mogą kiełkować w szerokim zakresie temperatur – od 5°C do 35°C. Najlepiej wschodzą umieszczone w glebie na głębokości 1,5–2 cm, poniżej 10–12 cm wschody są ograniczone lub nie pojawiają się wcale (Kaczmarek i Adamczewski 2007, Žďárková i in. 2014). Ziarniaki *B. sterilis* charakteryzują się krótkotrwałą żywotnością w glebie wynoszącą około 1 roku (Žďárková i in. 2014).

W warunkach krajowych już przy zagęszczeniu 10–15 szt·m<sup>-2</sup> chwast ten powodował istotne obniżenie liczby kłosów, plonu ziarna i masy 1000 ziaren pszenicy ozimej. Przy bardzo dużym nasileniu (150–160 szt·m<sup>-2</sup>) straty plonu sięgały 70% (Kaczmarek i Adamczewski 2007).

### **Samosiewy zbóż**

Spśród wszystkich gatunków jednoliściennych występujących w uprawie rzepaku samosiewy zbóż są wymieniane jako najczęstszy i występujący w największym nasileniu chwast (Badowski i Gołębiowska 2009). Związane jest to z dużym udziałem zbóż w strukturze zasiewów oraz tym, że są one najczęściej rośliną przedplonową dla rzepaku (Radecki i in. 2003, Mrówczyński i in. 2009). Dodatkowo rezygnacja z uprawek późniwnych, które są istotnymi działaniami profilaktycznymi w walce z samosiewami, sprzyja zachwaszczeniu tego typu chwastami. Jeszcze 50 lat temu samosiewy zbóż nie stanowiły problemu w uprawie rzepaku, a obecnie zwiększyły swój udział (zwłaszcza samosiewy pszenicy) i stały się dominującym gatunkiem z chwastów jednoliściennych (Domaradzki i Bortniak 2023).

Za najbardziej konkurencyjne dla rzepaku uznaje się samosiewy jęczmienia oraz żyta. Związane jest to z ich szybkim wzrostem i osiągnięciem w dość krótkim czasie zaawansowanych stadiów rozwojowych. Szkodliwość tych chwastów uzależniona jest od terminu siewu rzepaku. Największe straty plonu powodują na plantacjach wysiewanych w opóźnionych terminach. Na plantacji rzepaku założonej 25 sierpnia potrzeba 100 samosiewów jęczmienia przypadających na  $\text{m}^2$ , aby spowodować stratę plonu na poziomie 5%. Natomiast opóźnienie siewu o 2 tygodnie (9 września) powoduje, że taki sam spadek plonu nastąpi przy zaledwie 10 szt.  $\cdot \text{m}^{-2}$  (Metodyka Integrowanej Produkcji... 2023). Na wysokość plonu rzepaku wpływa także długość czasu pomiędzy wschodami rośliny uprawnej a wschodami samosiewów jęczmienia. Przy zachwaszczeniu jęczmieniem w liczbie 20 szt.  $\cdot \text{m}^{-2}$  jego wschody 8 dni po wschodach rzepaku wpływały w mniejszym stopniu na plon, niż gdy jęczmień wschodził 8 dni przed rzepakiem. W pierwszym przypadku plon rzepaku wynosił  $156 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , natomiast w drugim spadał o ponad 40% i osiągał zaledwie  $90 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  (O'Donovan 1992). Próg szkodliwości dla samosiewów zbóż w rzepaku ustalony jest na 10–15% pokrycia powierzchni przez chwasty (Metodyka Integrowanej Produkcji... 2023).

### Zwalczanie chwastów

Właściwa regulacja zachwaszczenia w uprawach powinna obejmować działania profilaktyczne oraz interwencyjne. Do działań zapobiegawczych należą, m.in. wybór stanowiska pod uprawę, odpowiedni płodozmian, właściwa agrotechnika, optymalny termin siewu czy stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego. Drugim elementem walki z chwastami jest bezpośrednio ich zwalczanie zarówno metodami mechanicznymi (brony, pielniki międzyrzędowe), jak i chemicznymi. Zgodnie z założeniami integrowanej ochrony roślin najpierw należy wykorzystywać alternatywne zabiegi, a ochronę chemiczną traktować jako uzupełnienie pozostałych metod (Domaradzki 2020). Jednym z ważniejszych elementów walki z chwastami jednoliściennymi powinno być wykonanie orki po zbiorze rośliny uprawnej, aby umieścić ziarniaki chwastów w głębszych warstwach gleby. Chwasty trawiaste z reguły najlepiej kiełkują z wierzchnich warstw, zatem taki zabieg pozwala na ograniczenie ich wschodów. W przypadku gatunków o krótkiej żywotności nasion, takich jak stokłosa, stosowanie orki pozwala niemal całkowicie wyeliminować ich kiełkowanie (Kaczmarek i Adamczewski 2007, Adamczewski i in. 2015). Po wschodach rośliny uprawnej (zboża ozime) pierwsze odchwaszczanie mechaniczne za pomocą bronowania powinno przeprowadzić się już jesienią, aby zapobiec nadmiernemu wzrostowi i silnemu ukorzenieniu się zimujących chwastów, które wiosną stałyby się trudniejsze do eliminacji. Mechaniczne zwalczanie nie jest jednak pozbawione wad. Oprócz tego, że można je wykonać tylko przy odpowiedniej wilgotności gleby, to niesie za sobą ryzyko uszkodzenia roślin uprawnych i zwiększenia ich wrażliwości na przymrozki (Feledyn-Szewczyk 2023). W rzepaku ozimym, właśnie z uwagi na niebezpieczeństwo spowodowania uszkodzeń upraw, odchwaszczanie mechaniczne nie jest zalecane i ma ograniczone zastosowanie

(Metodyka Integrowanej Produkcji... 2023). Najskuteczniejszym sposobem ochrony plantacji zbóż czy rzepaku przed negatywnym oddziaływaniem chwastów jest stosowanie środków chemicznych – herbicydów. Decyzja o ich użyciu powinna zostać podjęta na podstawie stanu i stopnia zachwaszczenia plantacji, a dobór odpowiedniego preparatu powinien uwzględniać m.in. wrażliwość chwastów czy selektywność dla rośliny uprawnej.

Plantatorzy do chemicznego zwalczania chwastów jednoliściennych w zbożach ozimych mają do dyspozycji szereg substancji czynnych umożliwiających skuteczną walkę w różnych terminach. W przypadku pszenicy ozimej (tab. 1) najwięcej herbicydów jest dostępnych do eliminacji miotły zbożowej i wyczyńca polnego. Gatunki te można zwalczyć przedwschodowo, stosując np. fluorochloridon, powschodowo jesienią przy użyciu np. flufenacetu lub wiosną po ruszeniu roślinności, wykorzystując np. fenoksaprop-P-etylu. Do zwalczania stokłosa zarejestrowane są mieszaniny jodosulfuronu metylosodowego z mezosulfuronem metylowym oraz propoksykarbazon sodowy z mezosulfuronem metylowym.

Tabela 1

Wybrane substancje do zwalczania chwastów jednoliściennych w pszenicy ozimej

Substancja czynna	<i>A. spica-venti</i>	<i>A. myosuroides</i>	<i>B. secalinus</i>	<i>B. sterilis</i>
Fluorochloridon	+++	++	bd	bd
Pendimetalina	+++	+++	bd	bd
Flufenacet + diflufenikan	+++	+++	bd	bd
Pendimetalina + diflufenikan	+++	+	bd	bd
Flufenacet	+++	bd	bd	bd
Prosulfokarb	+++	bd	bd	bd
Chlorotoluron	+++	+++	bd	bd
Mezosulfuron metylowy	+++	+++	bd	bd
Pinoksaden	+++	+++	bd	bd
Pinoksaden + piroksysulam	+++	+++	bd	+++
Jodosulfuron metylosodowy + mezosulfuron metylowy	+++	+++	+++	bd
Propoksykarbazon sodowy + mezosulfuron metylowy	+++	+++	+++	+++
Propoksykarbazon sodowy	+++	bd	bd	bd
Fenokaprop-P-etylu	+++	+++	bd	bd
Tifensulfuron + metsulfuron	+++	bd	bd	bd
Mezosulfuron metylowy + tienkarbazon metylu	+++	+++	++	++
Piroksysulam	+++	+++	bd	bd

Legenda: +++gatunek wrażliwy, ++gatunek średnio wrażliwy, +gatunek średnio odporny, -gatunek niezwalczany, bd – brak danych w etykiecie

Źródło: opracowanie własne, na podstawie: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/etykiety-srodkow-ochrony-roslin>



W rzepaku ozimym chwasty jednoliścienne można usunąć, stosując graminydy, takie jak np. chizalofop-P-etylu, propachizafop, fluazyfop-P-butylu, kletodym i cykloksydym. Ich zaletą oprócz szerokiego spektrum zwalczanych gatunków jest także możliwość użycia w terminie jesiennym lub wiosennym. Ponadto eliminacja miotły zbożowej (czasem także wyczyńca polnego) możliwa jest za pomocą preparatów niszczących także gatunki dwuliścienne (tab. 2).

Tabela 2

Wybrane substancje do zwalczania chwastów jednoliściennych w rzepaku ozimym

Substancja czynna	Samosiewy zbóż	<i>A. spica-venti</i>	<i>A. myosuroides</i>	<i>B. secalinus</i>	<i>B. sterilis</i>
Chizalofop-P etylu	+++	+++	+++	bd	bd
Propachizafop	+++	+++	bd	bd	bd
Fluazyfop-P butylu	+++	+++	+++	bd	bd
Metazachlor	bd	+++	+++	bd	bd
Metazachlor + dimetenamid	-	+++		bd	bd
Metazachlor + chinomerak	-	+++	+++	bd	bd
Propyzamid	+++	+++	bd	bd	bd
Kletodym	+++	+++	++	bd	+++
Cykloksydym	+++	+++	+++	bd	+++
Dimetachlor	-	+++	bd	bd	bd
Chlomazon + petoksamid	bd	+++	bd	bd	bd
Chlomazon + metazachlor	bd	+++	bd	bd	bd

Legenda: +++gatunek wrażliwy, ++gatunek średnio wrażliwy, +gatunek średnio odporny, -gatunek niezwalczany, bd – brak danych na etykietce

Źródło: opracowanie własne, na podstawie: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/etykiety-srodkow-ochrony-roslin>

Skuteczność herbicydów uzależniona jest od kilku czynników, takich jak: stan i stopień zachwaszczenia, wrażliwość gatunku na substancję czynną, faza rozwoju chwastu, niezwykle istotne są również warunki pogodowe oraz sposób aplikacji i sprzęt ku temu użyty (Domaradzki 2020). Czasem jednak nawet uwzględnienie tych elementów nie przynosi oczekiwanej, wysokiej efektywności zabiegu. Obniżona skuteczność lub nawet jej brak może bowiem wynikać z pojawienia się biotypów odpornych na dany herbicyd. Zjawisko to narasta na całym świecie, zwłaszcza w przypadku gatunków jednoliściennych i dotyczy najczęściej substancji należących do inhibitorów syntazy ALS oraz acetylo-koenzymu A (ACC-azy) (Peterson i in. 2018). W Polsce stwierdzono dotychczas występowanie biotypów miotły zbożowej odpornych na chlorosulfuron (Marczewska i in. 2006), sulfosulfuron, mezosulfuron

i jodosulfuron (Adamczewski i Kierzek 2007), izoproturon (Adamczewski i in. 2017), piroksulam i propoksykarbazon sodowy (Adamczewski i in. 2019). W przypadku wyczyńca polnego udokumentowano wystąpienie odporności na propoksykarbazon sodowy, sulfosulfuron oraz mieszaninę jodosulfuronu metylosodowego z mezosulfuronem metylowym (Marczewska-Kolasa i in. 2022). W obrębie tego gatunku zaobserwowano także wystąpienie odporności wielokrotnej, czyli odporności na herbicydy o różnych mechanizmach działania (Adamczewski i in. 2016). Spośród 32 badanych biotypów dwa wykazywały odporność na wszystkie użyte w doświadczeniu preparaty (jodosulfuron + mezosulfuron, sulfometuron, imazapyr, fenoksaprop-P-etylu, pinoksaden i kletodym). W literaturze pojawiają się pierwsze doniesienia sugerujące, że problem odporności może też dotyczyć stokłosa żytniej, której biotypy wykazywały w badaniach różną wrażliwość na sulfosulfuron, piroksulam oraz propoksykarbazon sodowy (Pytlarz i Andrzejak 2022). Nie ma natomiast żadnych krajowych informacji o zaistnieniu tego problemu u stokłosa płonnej, niemniej jednak zmniejszoną wrażliwość tego gatunku na glifosat odnotowano w Wielkiej Brytanii (Davies i in. 2019).

Skuteczność herbicydów jest silnie uzależniona od fazy rozwojowej chwastów w czasie zabiegu. Najczęściej najbardziej wrażliwe są rośliny w stadium liścieni i pierwszych liści, a wraz z osiągnięciem bardziej zaawansowanych faz rozwojowych stają się mniej podatne. W przypadku chwastów jednoliściennych słabsze działanie herbicydów nalistnych może wystąpić także po zabiegu wykonanym w zbyt niskich fazach rozwojowych. Wynika to z faktu, że młode liście, o małej powierzchni i dodatkowo ustawione pionowo, charakteryzują się mniejszą retencją preparatu niż starsze liście (Miller i in. 2003). W doświadczeniu przeprowadzonym w ZHiTUR we Wrocławiu uzyskano analogiczne wnioski. Zbadano wrażliwość 30 biotypów stokłosa żytniej (pobranych z różnych pól) na mieszaninę jodosulfuron metylosodowy + mezosulfuron metylowy (Atlantis 12 OD) stosowaną w fazie 1 liścia oraz 2–3 liści (optymalna wg etykiety środka), w dawce zalecanej ( $1,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i podwójnej ( $2,4 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). W niższej fazie wysoką skutecznością chwastobójczą ( $>85\%$  straty masy w porównaniu z obiektem kontrolnym) uzyskano dla 18 prób, pozostałe były średnio wrażliwe na herbicyd lub odporne na jego działanie. Zabieg wykonany w późniejszej fazie podniósł skuteczność herbicydu, bardzo dobrze eliminując 27 prób. Podobną liczbę efektywnie zwalczanych biotypów w pierwszym terminie (BBCH 11) uzyskano, zwiększając dwukrotnie zalecaną dawkę preparatu (tab. 3). W praktyce optymalny termin do zwalczania jednorocznych chwastów jednoliściennych za pomocą graminiacydów nalistnych jest wówczas, gdy znajdują się one w fazie od 2–3 liści do początku krzewienia (Adamczewski i Dobrzański 2006).



Tabela 3

Liczba prób *B. secalinus* o różnym stopniu wrażliwości na herbicyd jodosulfuron metylosodowy + mezosulfuron metylowy stosowany w różnych terminach i przy użyciu różnych dawek

Skuteczność zwalczania		BBCH 11		BBCH 12-13	
		1,2 l·ha <sup>-1</sup>	2,4 l·ha <sup>-1</sup>	1,2 l·ha <sup>-1</sup>	2,4 l·ha <sup>-1</sup>
Wrażliwe	>85%	18	29	27	30
Średnio wrażliwe	71–85%	10	1	3	0
Średnio odporne	61–70%	1	0	0	0
Odporne	<60%	1	0	0	0

Źródło: badania własne, niepublikowane

Wzrost skuteczności chwastobójczej preparatu można uzyskać, stosując dodatek adiuwantu. Często umożliwia to jednoczesne zmniejszenie dawki herbicydu, co jest niezwykle istotne w kwestii zakładanej redukcji zużycia środków ochrony roślin w UE. W badaniach polowych wykazano, że herbicyd Legato 500 SC zastosowany w pełnej dawce zwalczał miotłę zbożową na poziomie 92%, a w dawce zredukowanej o 40%, tylko w 72%. Użyty w dawce obniżonej, ale razem z adiuwantem pozwolił uzyskać skuteczność chwastobójczą równie wysoką co przy pełnej dawce herbicydu stosowanego samodzielnie (Kucharski i in. 2014).

Konieczność zmniejszenia ilości stosowanych preparatów motywuje do poszukiwań naturalnych, przyjaznych środowisku substancji, które wspomagałyby działanie pestycydów. Badania prowadzone w tym celu pokazują, że rośliny wykazujące potencjał allelopatyczny są źródłem związków, które badane są pod kątem wspomagania w przyszłości ochrony upraw przed agrofagami. W przypadku herbicydów takie substancje powinny dać lepszy efekt chwastobójczy niż preparaty zastosowane samodzielnie. W ZHiTUR we Wrocławiu podjęto badania nad wykorzystaniem w tym celu kwasu krotonowego. W doświadczeniu przeprowadzonym w warunkach szklarniowych wykazano, że miotła zbożowa była lepiej niszczona przez diflufenikan stosowany w dawkach obniżonych o 50% i 25% w mieszaninie z kwasem krotonowym niż przez herbicyd w dawce zalecanej (Kieloch i Bortniak 2023).

### Podsumowanie

Wschodzące jesienią chwasty z rodziny wiechlinowatych to rośliny odznaczające się dużą konkurencyjnością wobec upraw. Z uwagi na niskie wymagania temperaturowe mogą pojawiać się od momentu założenia plantacji aż do czasu nadejścia mrozów, a nawet w trakcie łagodnych zim. Niezwalczane wpłyną nie tylko na wysokość plonu

upraw w danym sezonie, ale z uwagi na wysoką plenność zasilą glebowy bank nasion, stanowią zagrożenie dla upraw następczych. Znajomość biologii poszczególnych gatunków pozwala skutecznie je eliminować przy użyciu metod agrotechnicznych (np. poprzez odchodzenie od uproszczeń w uprawie). Najbardziej efektywnym sposobem na ich pozbycie się z upraw zbóż czy rzepaku wciąż pozostaje zwalczanie chemiczne, które zgodnie z zasadami integrowanej produkcji należy traktować jako uzupełnienie pozostałych metod. Jednak narastający problem odporności chwastów przy jednoczesnym wymaganym zmniejszeniu zużycia herbicydów powoduje poszukiwanie alternatywnych, przyjaznych środowisku i wysoce skutecznych metod eliminacji zbędnych gatunków.

### Literatura

1. A d a m c z e w s k i K., Dobrzański A.: Chemiczne zwalczanie chwastów – terażniejszość i przyszłość. *Fragmenta Agronomica*, 2006, XXIII, **4(92)**:7-25.
2. A d a m c z e w s k i K., Kaczmarek S., Kierzek R., Matysiak K.: Significant increase of weed resistance to herbicides in Poland. *Journal of Plant Protection Research*, 2019, **59**: 139-150. DOI: 10.24425/jppr.2019.129293
3. A d a m c z e w s k i K., Kierzek R., Matysiak K.: Multiple resistance to acetolactate synthase (ALS)- and acetyl-coenzyme A carboxylase (ACCase)-inhibiting herbicides in black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) populations from Poland. *Journal of Plant Protection Research*, 2016, **56(4)**: 402-410. DOI: <https://doi.org/10.1515/jppr-2016-0059>
4. A d a m c z e w s k i K., Kaczmarek S., Kierzek R., Urban M.: Germination biology and weed thresholds of rye brome (*Bromus secalinus* L.) in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 2015, **52(4)**: 989-995.
5. A d a m c z e w s k i K., Kierzek R.: Występowanie biotypów miotły zbożowej (*Apera spica-venti* L.) odpornej na herbicydy sulfonilomocznikowe [Geographical distribution of *Apera spica-venti* resistance on sulfonilurea herbicides]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2007, **47(3)**: 333-340.
6. A f o n i n A.N., Greene S.L., Dzyubenko N.I., Frolov A.N. (eds.): Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. *Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds* [Online]. 2008. Available at: <https://agroatlas.ru>.
7. B a d o w s k i M., Gołębiowska H.: Bioróżnorodność chwastów segetalnych towarzyszących uprawom rzepaku ozimego i kukurydzy na polach produkcyjnych Dolnego Śląska [Biodiversity of weeds on fields with winter rape and maize in Lower Silesia region]. *Pamiętnik Puławski*, 2009, **150**: 45-54.
8. D a j d o k Z., Szczeńniak E.: Występowanie *Alopecurus myosuroides* (Poaceae) na obszarach rolnych okolic Gilowa na Przedgórzu Sudeckim. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 2009, **16(2)**: 237-248.
9. D a v i e s M.G., Hull R., Moss S., Neve P.: The first cases of evolving glyphosate resistance in UK poverty brome (*Bromus sterilis*) populations. *Weed Science*, 2019, **67**: 41-47. DOI:10.1017/wsc.2018.61
10. D o m a r a d z k i K.: Przeszłość, terażniejszość i przyszłość ochrony roślin uprawnych przed chwastami. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **18**: 43-56. DOI:10.26114/sir.iung.2009.18.03
11. D o m a r a d z k i K.: Ograniczanie dawek herbicydów jako element integrowanej ochrony roślin. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2020, **61(15)**: 39-49. DOI:10.26114/sir.iung.2020.61.03

12. Domaradzki K., Bortniak M.: Zmiany w zbiorowiskach chwastów segetalnych wybranych roślin uprawnych na przestrzeni ostatnich 50 lat oraz prognozy na przyszłość. *Progress in Plant Protection*, 2023, **63(4)**: 191-204. DOI:10.14199/ppp-2023-020
13. Domaradzki K., Domaradzka-Jezińska A., Marczevska-Kolasa K.: Wybrane aspekty biologii i szkodliwości *Alopecurus myosuroides* Huds. *Fragmenta Agronomica*, 2010, **27(2)**: 60-69.
14. Domaradzki K., Rola H.: Szkodliwość i możliwości zwalczania *Alopecurus myosuroides* w warunkach Śląska Opolskiego. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2006, **46(1)**: 232-239.
15. Etykiety, zezwolenia, pozwolenia i decyzje środków ochrony roślin. <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/etykiety-srodkow-ochrony-roslin> [21.02.2024]
16. Felcyn-Szewczyk B.: Niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia w zbożach uprawianych w systemie ekologicznym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2023, **70(24)**: 75-87. DOI:10.26114/sir.iung.2023.70.05
17. Kaczmarek S., Adamczewski K.: *Bromus sterilis* – chwast ekspansywny, kielkowanie i prognozy szkodliwości. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio E*, 2007, **62(2)**: 17-22.
18. Kapeluszny J., Haliniarz M.: Wybrane elementy biologii kielkowania stulichy psiej (*Descurainia sophia* Webb. ex Prantl.) i stokłosa żytniej (*Bromus secalinus* L.). *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio E*, 2007, **62(2)**: 226-233. DOI:10.24326/as.2007.2.25
19. Kąźmierczakowa R., Bloch-Orłowska J., Celka Z., Cwener A., Dajdok Z., Michalska-Hejduk D., Pawlikowski P., Szczęśniak E., Ziarnek K.: Polska czerwona lista paprotników i roślin kwiatowych. Polish red list of pteridophytes and flowering plants. Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Kraków, 2016, ss. 44.
20. Kącki Z., Szczęśniak E., Czarniecka M.: *Bromus secalinus* (Poaceae) na Dolnym Śląsku – występowanie i zagrożenia. *Acta Botanica Silesiaca, Supplementum*, 2011, **1**: 66-68.
21. Korniak T., Dynowski P.: *Bromus secalinus* (Poaceae) – zanikający czy rozprzestrzeniający się chwast upraw zbożowych w północno-wschodniej Polsce? *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 2011, **18(2)**: 341-348. Kraków. PL ISSN 1640-629X.
22. Kieloch R., Bortniak M.: Wpływ kwasu krotonowego na skuteczność działania i fitotoksyczność diflufenikanu stosowanego w obniżonych dawkach [Influence of crotonic acid on efficacy and selectivity of diflufenican applied at reduced doses]. *Progress in Plant Protection*, 2023, **63(4)**: 261-265. DOI:10.14199/ppp-2023-027
23. Kucharski M., Sadowski J., Kalitowska O.: Łączne stosowanie herbicydów z adjuwantami w zabiegach przedwiosennych – skuteczność i wpływ na środowisko. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2014, **36(10)**: 45-54.
24. Lejman A., Ogórek R., Parylak D.: The influence of the habitat on the chemical composition and morphology of slyk bent grass (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) occurring in arable fields (Lower Silesia, Poland). *Agronomy*, 2022, **12**: 1883. DOI: 10.3390/agronomy12081883
25. Marczevska K., Sadowski J., Rola H.: Changes in branched chain amino acids content in leaves of *Apera spica-venti* biotypes resistant and susceptible to chlorsulfuron. *Journal of Plant Protection Research*, 2006, **46(2)**: 191-198.
26. Marczevska-Kolasa K., Bortniak M., Domaradzki K.: Allelopatyczny wpływ *Alopecurus myosuroides* na wzrost korzeni pszenicy ozimej [Allelopathy effect of *Alopecurus myosuroides* on root growth of winter wheat]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2010, **50(2)**: 820-822.
27. Marczevska-Kolasa K., Kucharski M., Bortniak M.: Odporność wyczyńca polnego (*Alopecurus myosuroides* Huds.) na inhibitory ALS w rejonie południowo-zachodniej Polski. *Progress in Plant Protection*, 2022, **62(1)**: 76-81. DOI:10.14199/ppp-2022-010

28. Maréchal P.Y., Henriot F., Vancutsem F., Bodson B.: Ecological review of black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) propagation abilities in relationship with herbicide resistance. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 2012, **16(1)**: 103-113.
29. Miller P., Powell E., Orson J., Kudsk P., Mathiasen S.: Defining the size of target for air induction nozzles (Project Report 317); British Crop Protection Council: Hampshire, UK, 2003, pp. 32.
30. Metodyka Integrowanej Produkcji Rzepaku Ozimego, Opracowanie zbiorowe pod redakcją E. Jajor, P. Strażyńskiego i M. Mrówczyńskiego, Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa 2023, ss. 105.
31. Mowszowicz J.: Krajowe chwasty polne i ogrodowe, PWRiL, Warszawa 1986, ss. 672. ISBN 83-09-00771-X.
32. Mrówczyński M., Korbas M., Praczyk T., Gwiazdowski R., Jajor E., Pruszyński G., Wachowiak H.: Ochrona roślin w integrowanej produkcji rzepaku. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 2009, **XXX(2)**: 245-256.
33. O'Donovan J.T.: Seed yields of canola and volunteer barley as influenced by their relative times of emergence. *Canadian Journal of Plant Science*, 1992, **72**: 263-267.
34. Peterson M.A., Collavo A., Ovejero R., Shivrain V., Walsh M.J.: The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. *Pest Management Science*, 2018, **74**: 2246-2259. DOI:10.1002/ps.4821
35. Pytlarz E., Andrzejak O.: Zagrożenie potencjalnie odpornymi na herbicydy biotypami stokłosa żytniej (*Bromus secalinus* L.) na Dolnym Śląsku. *Progress in Plant Protection*, 2022, **62(1)**: 5-10. DOI:10.14199/ppp-2022-001
36. Radecki A., Ciesielska A., Łęgowiak Z., Wymułek A.: Skład florystyczny upraw rzepaku ozimego i ochrona przed chwastami. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 2003, **490**: 195-202.
37. Rola H., Domaradzki K., Kaczmarek S., Kapeluszný J.: Znaczenie progów szkodliwości w integrowanych metodach regulacji zachwaszczenia w zbożach. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 2013, **53(1)**: 96-104.
38. Sauerborn J., Koch W.: An investigation of the germination of six tropical arable weeds. *Weed Research*, UK, 1988, **28(1)**: 47-52.
39. Sudnik-Wójcikowska B.: Rośliny synantropijne. Seria: Flora Polski. MULTICO Oficyna Wydawnicza, 2015, ss. 336. ISBN 978-83-7073-514-2.
40. Warwick S.I., Black L.D., Zilkey B.F.: Biology of Canadian weeds. 72. *Apera spica-venti*. *Canadian Journal of Plant Science*, 1985, **65**: 711-721.
41. Weber R., Gołębiewska H., Bortniak M.: Zmienność liczebności chwastów segetalnych w okresie wiosennym w zależności od wysokości ścierny przedplonu i sposobu uprawy roli w uprawie kilku odmian pszenicy ozimej. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo*. 2012, **CI**, **585**: 141-150.
42. Węgrzynek B., Nowak T.: *Bromus secalinus* (Poaceae) na Wyżynie Śląskiej – tendencje dynamiczne w świetle 17 lat obserwacji. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 2013, **20(2)**: 259-266.
43. Woźnica Z.: *Herbologia. Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów*. PWRiL, Poznań 2008, ss. 430.
44. Zarzycki K., Szelań Z.: Red list of vascular plants in Poland. W: Red list of plants and fungi in Poland, Z. Mirek, K. Zarzycki, W. Wojewoda, Z. Szelań (eds), W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków 2006, pp. 11-20.
45. Zarzycki K., Trzcńska-Tacik H., Różański W., Szelań Z., Wołek J., Korzeniak U.: Ecological indicator values of vascular plants of Poland [Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski]. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 2002.

46. Ziemińska-Smyk M.: Zmiany w zachwaszczeniu upraw zbóż na Zamojszczyźnie gatunkami z rodziny traw (*Poaceae*), Zeszyty Naukowe UP we Wrocławiu, Rolnictwo C, 2012, **584**: 159-163.
47. Žďárková V., Hamouzová K., Holec J., Janků J., Soukup J.: Seed ecology of *Bromus sterilis* L. Tagungsband: 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung; 11.–13. März 2014, Braunschweig, Julius-Kühn-Archiv. DOI:10.5073/jka.2014.443.018
- 

Adres do korespondencji:

*mgr inż. Marcin Bortniak*  
*Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. 81 47 86 965*  
*e-mail: m.bortniak@iung.wroclaw.pl*

---

AUTOR	ORCID
Marcin Bortniak	0000-0002-6286-4774
Tomasz Snopczyński	0000-0003-3799-2181

**Renata Kieloch**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## WYSTĘPOWANIE, SZKODLIWOŚĆ ORAZ MOŻLIWOŚCI ZWALCZANIA CHWASTÓW WIELOLETNICH W UPRAWACH ROLNICZYCH\*

**Słowa kluczowe:** perz właściwy, ostrożeń polny, skrzyp polny, zwalczanie mechaniczne, rośliny okrywowe, herbicydy

### Wstęp

Chwasty wieloletnie bytujące na polach uprawnych stanowią niemałe wyzwanie dla producentów rolnych, naukowców oraz specjalistów z dziedziny ochrony roślin z uwagi na fakt, że są niezwykle trudne do eliminacji z upraw. Problemy w zwalczaniu gatunków należących do tej grupy chwastów wynikają z faktu, że rozmnażają się one na dwa sposoby, tj. generatywnie z nasion oraz za pomocą organów wegetatywnego rozmnażania, takich jak: rozłogi, bulwy, kłącza, cebule. Organy te stanowią rezerwuar składników pokarmowych potrzebnych do odżywiania nowo powstałych pędów. Chwasty wieloletnie uznawane są za bardziej konkurencyjne i trudniejsze do eliminacji z upraw niż chwasty krótkotrwałe z powodu większych rezerw żywieniowych oraz szybkiej ekspansji na polu (Teasdale i in. 2007). Rozbudowana sieć podziemnych organów wegetatywnego rozmnażania chwastów wieloletnich jest głównym powodem ograniczonej efektywności metody chemicznej, która obecnie jest najczęściej stosowanym i najbardziej skutecznym narzędziem do ograniczania zachwaszczenia (Bastiene i in. 2006). Dodatkowo Wspólna Polityka Rolna krajów Unii Europejskiej nie sprzyja stosowaniu pestycydów, w związku z czym w przeciągu ostatnich kilkunastu lat zniknęło z rynku wiele substancji czynnych herbicydów. Z wyżej wymienionych względów opracowanie skutecznych metod ograniczenia występowania chwastów

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6.2. pt. „Monitorowanie uodparniania się agrofagów na środki ochrony roślin oraz tworzenie programów redukcji ryzyka” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2024 r.

wieloletnich w uprawach rolniczych jest zagadnieniem wciąż aktualnym dla jednostek badawczych w kraju oraz na świecie.

W ostatnich latach obserwuje się wzrost występowania chwastów wieloletnich na polach uprawnych. Przyczyniły się do tego zmiany w gospodarowaniu, głównie uproszczenia w uprawie roli i stosowanie mało zróżnicowanych płodozmianów. Swój udział w zwiększeniu występowania gatunków wieloletnich miało również obserwowane w ostatnich dziesięcioleciach ocieplenie klimatu.

Celem opracowania jest prezentacja doniesień literaturowych dotyczących występowania, szkodliwości oraz możliwości zwalczania trzech powszechnie występujących w uprawach rolniczych na terenie Polski gatunków chwastów wieloletnich, tj. perzu właściwego, ostrożnia polnego i skrzypu polnego.

### **Wpływ sposobu gospodarowania i agrotechniki na liczebność i występowanie chwastów wieloletnich**

Wiele prac z krajowej i światowej literatury dowodzi, że sposób uprawy determinuje skład gatunkowy oraz liczebność populacji chwastów na polu (Tørresen i in. 2003, Kieloch i in. 2018, Adeux i in. 2022). Na plantacjach, na których stosuje się tradycyjny (orkowy) system uprawy występowanie chwastów wieloletnich jest bardziej ograniczone niż ma to miejsce w systemach bezorkowych (Demjanova i in. 2008, Gołębiowska 2012, Melander i in. 2013, Adeux i in. 2022). Przyczyną tego jest brak przemieszczania w głąb profilu glebowego rozmieszczonych w warstwie ornej organów wegetatywnego rozmnażania, jakie zwykle ma miejsce w czasie orki; pąki znajdujące się na tych organach mogą więc łatwo kiełkować z górnych warstw gleby.

Występowanie chwastów wieloletnich związane jest również ze zmianami w systemie gospodarowania, m.in. w stosowaniu herbicydów. W badaniach monitoringowych prowadzonych na terenie Czech w latach 1989–2008 wykazano gwałtowny wzrost występowania chwastów wieloletnich, np. perzu właściwego, ostrożnia polnego, bylicy pospolitej, który przypadał na pierwszą połowę lat 90., po czym następowała stabilizacja ich liczebności (Mikulka i in. 2009). Zaobserwowany trend autorzy tłumaczą transformacją ustrojową, jaka wtedy miała miejsce i wynikającymi z niej zmianami w całej gospodarce rolnej. Skutkowały one zmianami w płodozmianach, w których zaczęły dominować zboża i rzepak oraz wprowadzeniem uproszczeń w uprawie roli. Popularne stały się również uprawy monokulturowe, zwłaszcza pszenicy ozimej i kukurydzy. W monokulturze kukurydzy prowadzonej na terenie Słowacji zaobserwowano tendencję wzrostową liczebności chwastów wieloletnich w porównaniu z kukurydzą uprawianą w różnych wariantach płodozmiannych (Demjanova i in. 2008). Wzrost zachwaszczenia gatunkami wieloletnimi w warunkach uproszczonej uprawy roli obserwowano również w wielu krajach na obszarze Europy (Adeux i in. 2022). Uważa się, że zagrożenie ze strony chwastów wieloletnich, zwłaszcza jednoliściennych, może być największą przeszkodą w adaptacji systemów bezorkowych w różnych warunkach środowiskowych.



Wzrost i rozwój chwastów wieloletnich w dużym stopniu zależy od zaopatrzenia gleby w azot pochodzący zarówno z rozkładu materii organicznej, jak również ze stosowanych nawozów mineralnych. Ostrożeń polny oraz perz właściwy lepiej rośnie tam, gdzie uprawiano rośliny strączkowe zarówno samodzielnie, jak i w mieszkawkach. Wynika to z faktu, że azot wiązany przez rośliny strączkowe jest ważnym składnikiem dla wzrostu podziemnych kłączy w okresie po zbiorach, a przypuszczalnie nawet w kolejnym roku (Nadeau i Vanden Born 1990, Ringselle i in. 2015). W przypadku perzu właściwego duże zaopatrzenie w składniki odżywcze powodowało większe nagromadzenie biomasy organów podziemnych kosztem nadziemnych, co sprzyjało wegetatywnemu rozmnażaniu (Ringselle i in. 2016). W badaniach McIntyre (1965) stwierdzono, że wyższe dawki azotu mogą przerwać spoczynek pąków (przerwanie dominacji wierzchołkowej) perzu właściwego, co skutkuje wzrostem nowych pędów. Jednocześnie autorzy zaobserwowali, że nawet przy stosowaniu niskich dawek azotu spoczynek pąków może być przerwany w sposób mechaniczny poprzez usunięcie wierzchołków kłączy w czasie uprawy.

Zdolność konkurencyjna upraw determinowana przez cechy gatunkowe i odmianowe, gęstość siewu oraz wysokość nawożenia azotowego mogą być czynnikami wpływającymi na rozprzestrzenianie się chwastów. Jednak w przypadku gatunków wieloletnich silny i rozbudowany system korzeniowy powoduje, że nawet w gęsto posianych uprawach charakteryzują się większą siłą wzrostu i rozwoju niż chwasty jednoroczne, nawet gdy występują one w mniejszym nasileniu (Pilipavicius i in. 2011). Lepiej w tej kwestii sprawdzają się rośliny okrywowe (międzyplony i wsiewki w plon główny), zwłaszcza gdy połączy się je z innymi metodami zwalczającymi chwasty wieloletnie (Moyer i in. 2000, Olesen i in. 2007, Aronsson i in. 2015).

### **Wpływ zmian klimatycznych na liczebność i występowanie chwastów wieloletnich**

Zwiększeniu populacji chwastów wieloletnich na polach uprawnych sprzyjają obserwowane w ostatnich latach zmiany klimatyczne. Związany z nimi wzrost temperatury powietrza i poziomu CO<sub>2</sub> stwarza dogodne warunki do rozwoju chwastów na skutek zwiększonej fotosyntezy. Powoduje też zmiany w składzie florystycznym zbiorowisk chwastów w uprawach rolniczych. Związane z ociepleniem klimatu występowanie dłuższych i cieplejszych jesieni sprzyja występowaniu chwastów zimujących, które mają korzystniejsze warunki do ukorzenienia, a w efekcie łatwiej zimują. Jesienią chwasty wieloletnie przygotowują się do zimy, gromadzą więc zapasy w podziemnych organach wegetatywnego rozmnażania. W badaniach prowadzonych w warunkach kontrolowanych z udziałem perzu właściwego, ostrożnia polnego i mleczka polnego stwierdzono, że zmiany klimatyczne, których konsekwencją są dłuższe i cieplejsze jesienie skutkują zwiększonym przyrostem biomasy organów podziemnych kosztem części zielonych, co sprzyja przetrwaniu gatunków wieloletnich (Tørresen



i in. 2020). Do podobnych wniosków doszedł Ziska (2003), który uważa, że w warunkach podwyższonego poziomu CO<sub>2</sub> chwasty wieloletnie wytwarzają większą masę korzeniową, przez co są trudniejsze do zwalczania, liczniej występują w uprawach i łatwiej rozprzestrzeniają się w obrębie pola oraz na sąsiednie plantacje.

## Najważniejsze gatunki chwastów wieloletnich w uprawach rolniczych

### Perz właściwy – *Elymus repens* L.

Perz właściwy jest najbardziej popularnym jednoliściennym chwastem wieloletnim, jaki spotyka się na polach uprawnych. Zachwaszcza wszystkie najważniejsze uprawy rolnicze na terenie całego kraju. Można go spotkać na różnych typach gleb, pod warunkiem, że są one dobrze przewietrzane, ponieważ kłącza do efektywnego rozwoju wymagają obecności tlenu. W badaniach przeprowadzonych w jednym ze wschodnich województw Polski zaobserwowano ograniczenie występowania tego gatunku wraz ze spadkiem zasobności i wilgotności gleb (Warcholińska 1992).

Pędy perzu mogą dorastać do 150 cm wysokości (Rola i in. 2001). Jest światłolubny, a w warunkach słabszego doświetlenia gromadzi więcej biomasy nadziemnej kosztem biomasy organów podziemnych (Ringselle i in. 2016, Poorter i Nagel 2000). Po zakotwiczeniu na polu, szybko rozprzestrzenia się na jego obszarze za pomocą podziemnych kłączy, które rozlokowane są w górnej warstwie profilu glebowego, na głębokości 10–15 cm (Ringselle i in. 2020). Na kłącach rozmieszczone są pąki, z których wyrastają nowe rośliny odżywiające się zmagazynowanymi w kłącach asymilatami. Fragmentacja kłączy w czasie zabiegów uprawowych prowadzi do szybkiego kielkowania pąków, z których wyrastają nowe pędy (Brandsæter i in. 2010). Kiedy kłącze zostanie oddzielone od rośliny rodzicielskiej, następuje wstrzymanie dopływu odpowiedzialnej za stan uśpienia gibereliny, stan spoczynku zostaje przerwany i z pąków wyrastają nowe pędy. Perz rozmnaża się również przez nasiona – pojedyncza roślina wydaje 100–500 ziarniaków, które mogą zachować żywotność nawet przez 10 lat.

Szkodliwość perzu dla upraw polega na powodowaniu strat w plonie (orientacyjny próg szkodliwości to 10–60 pędów·m<sup>-2</sup>) oraz byciu żywicielem dla innych agrofagów, np. ploniarki zbożówki, mączniaka właściwego.

### ZWALCZANIE PERZU WŁAŚCIWEGO

Przez ostatnie dziesięciolecia na temat zwalczania perzu powstało wiele prac, przy czym zdecydowana większość z nich koncentrowała się na zwalczaniu mechanicznym. Samo stosowanie środków chwastobójczych nie jest wystarczające dla trwałego uporania się z tym gatunkiem, ponieważ z organów podziemnych wciąż wyrastają nowe pędy. Jednak najlepszym sposobem ograniczania występowania tego gatunku jest połączenie obu metod.

## Zwalczanie mechaniczne

Zwalczanie mechaniczne przeprowadza się na ściernisku, po zbiorze rośliny uprawnej i obejmuje dwie powszechnie uznane metody:

- fragmentacja kłączy w czasie uprawy, a następnie wyciągnięcie ich na powierzchnię;
- fragmentacja kłączy w czasie uprawy, a następnie ich głębokie przyoranie.

Pierwszy sposób wymaga ciepłej, suchej pogody i najczęściej zalecany jest na glebach lekkich. Takie warunki umożliwiają szybkie obeschnięcie kłączy i sprzątnięcie ich z pola. Po zbiorze rośliny uprawnej należy wykonać płytką podorywkę, na głębokość 10–15 cm (poniżej poziomu kłączy). Następnie stosuje się kultywator sprężynowy dwukrotnie na krzyż w celu wyciągnięcia na powierzchnię gleby kłączy, które zgarnia się z pola zgrabiarką.

Drugi sposób lepiej sprawdzi się na glebach ciężkich, co jest dodatkowym czynnikiem powodującym „duszenie” kłączy perzu. Perz jest wymagający co do obecności tlenu, więc umieszczenie jego kłączy na dużej głębokości zagłusza ich wzrost i ogranicza tworzenie nowych pędów. Im mniejsze kawałki i im głębiej przyorane, tym słabiej odrastają, zaś nowe pędy są mniej konkurencyjne. Po zbiorze należy wykonać podorywkę, a następnie talerzowanie dwukrotnie na krzyż. Dopiero po ukazaniu się nowych pędów, należy wykonać orkę na głębokość 25–30 cm za pomocą pługa z przedpłużkiem.

Zwalczanie mechaniczne należy wykonać latem, ponieważ wtedy kłącza zawierają najmniej składników pokarmowych, co nie pokrywa zapotrzebowania na odżywienie nowych pędów i w efekcie ich wzrost zostaje zahamowany (Lukashyk i in. 2007). W przypadku, gdy uprawę ścierniska przeprowadza się po zbożach jarych, najlepiej zrobić to jak najszybciej po zbiorze (Ringselle i in. 2015). Duże opóźnienie spowoduje spadek skuteczności zabiegu, ponieważ w miarę upływu czasu zwiększa się ilość substancji pokarmowych, jakie rośliny zaczynają gromadzić przed zimą.

Zwalczanie mechaniczne to podstawowa metoda walki z perzem w gospodarstwach ekologicznych, jednak często powtarzana uprawa narusza warstwę gleby oraz przyczynia się do strat składników odżywczych z gleby (Olesen i in. 2007). Podejmowane są więc prace nad poszukiwaniem nowych efektywnych metod zwalczania perzu, które są bardziej bezpieczne dla środowiska i mogą być przydatne zarówno w tradycyjnych, jak i ekologicznych systemach produkcji. Jedną z nich jest uprawa roślin okrywowych, tj. międzyplonów oraz wsiewek koniczyny i ich mieszanek z trawami. Polega ona na wykorzystaniu ich wysokich zdolności konkurencyjnych do zagłuszania perzu w okresie bez uprawy głównej lub do poprawy zdolności konkurencyjnych uprawy głównej, zwłaszcza gdy jest ona osłabiona (Hartwig i Ammon 2002). Rośliny okrywowe są w stanie ograniczyć wzrost lub nawet w znacznym stopniu wyeliminować chwasty wieloletnie (Teasdale i in. 2007), jednocześnie wpływają korzystnie na roślinę następczą, ponieważ ich uprawa zatrzymuje składniki odżywcze w glebie (Wittwer i van der Heijden 2020). Według Aronsson i in. (2015) dobre rezultaty można uzyskać,

łącząc uprawę międzyplonów z wielokrotnym bronowaniem. Roślina okrywowa działa tłumiąco na perz i jednocześnie zmniejsza wymywanie azotu i fosforu, co zwykle ma miejsce w czasie zabiegów uprawowych, natomiast bronowanie tnie kłączy na małe kawałki. Metoda ta jest oceniana jako przyjazna dla środowiska, głównie za sprawą proekologicznych właściwości roślin okrywowych (Hartwig i Ammon 2002, Aronsson i in. 2015).

Regularne usuwanie części zielonych poprzez koszenie osłabia system podziemnych kłączy na skutek braku dopływu asymilatów z zielonych części, co finalnie wyczerpuje rezerwy energetyczne perzu (Bergkvist i in. 2017). W doświadczeniu przeprowadzonym przez powyższych autorów fragmentacja kłączy w czasie zabiegów uprawowych wykonanych wczesnym latem po zbiorze jęczmienia jarego oraz owsa z wsiewką koniczyny białej zmniejszyła masę perzu o 60%, a wielokrotne koszenie na stanowisku z czystą koniczyną białą – o 95%. Jednocześnie autorzy ci podkreślają, że najlepsze efekty daje połączenie obu zabiegów, ponieważ koszenie ogranicza biomasa kłączy, zaś rośliny okrywowe biomasa części nadziemnych. Są również zdania, że sama roślina okrywowa nie wywiera aż tak wyraźnego wpływu na liczebność perzu, jednak może przyczynić się do wzrostu plonowania upraw następczych. Do podobnych wniosków doszli Ringselle i in. (2015) oraz Kolberg i in. (2018), którzy jako rośliny okrywowe wykorzystali wsiewki koniczyny czerwonej, życicy trwałej oraz mieszankę obu komponentów. Dobrym posunięciem jest także uprawa lucerny, która szybko odrasta po skoszeniu, stanowiąc konkurencyjną okrywę dla wolniej rosnącego ostrożnia (Schreiber 1967).

Według badaczy największe korzyści można uzyskać, stosując wielokrotne koszenie jesienią, zaś z roślin okrywowych najlepiej sprawdzi się mieszanka trawy i koniczyny ze względu na większą produkcję masy niż pojedyncze gatunki. Brandsaeter i in. (2012), badając skuteczność różnych wariantów ograniczania występowania perzu właściwego, wykazali, że najlepiej w tej kwestii sprawdzają się zabiegi uprawowe na ściernisku, zaś wsiewka koniczyny czerwonej nie wywiera znaczącego wpływu na występowanie chwastów wieloletnich, w tym perzu właściwego. Może być jednak proekologiczną alternatywą w ich eliminacji.

### **Zwalczanie chemiczne**

W trakcie wegetacji perz można zwalczać za pomocą selektywnych herbicydów. Zwłaszcza w uprawach roślin dwuliściennych nie będzie problemu z doborem środka. Można do tego celu wykorzystać graminydy, takie jak: propachizafop, kletodym, fluazifop-P butylu. W kukurydzy sprawdzą się środki zawierające nikosulfuron i rimsulfuron, zaś w zbożach propoksykarbazon sodowy. Na ściernisku po zbiorze uprawy stosuje się herbicydy oparte na glifosacie. Zabiegi przeprowadza się na intensywnie rosnące chwasty, gdy rośliny perzu osiągnęły wysokość 10–25 cm.

## Ostrożeń polny – *Cirsium arvense* (L.) Scop.

Ostrożeń polny na polach uprawnych występuje placowo, tworząc mniejsze lub większe skupiska (Eber i Brandl 2003). Preferuje gleby gliniaste i zasobne w składniki odżywcze, uważany jest nawet za wskaźnik gleb żyznych. Słabiej rośnie na glebach lekkich i o kwaśnym odczynie (Fairbairn i Thomas 1959). Źle również toleruje stanowiska z długotrwałe zalegającą wodą. Korzenie ostrożnia są dość tolerancyjne na deficyt wilgoci w glebie, jednak takie warunki odbijają się negatywnie na późniejszym odroście nowych pędów (Niederstrasser i Gerowitt 2008).

Wysokość roślin waha się w przedziale 50–150 cm, w zależności od warunków siedliska. Rośliny odznaczają się silnie gałęzistą budową oraz charakterystyczną budową liści, których brzegi zaopatrzone są w ostre kolce. Ostrożeń polny posiada silnie rozwinięty system korzeniowy, na który składa się głęboki korzeń palowy i ułożone piętrowo w glebie poziomo rosnące kłącza, przeważnie na głębokości 20–30 cm. Jest gatunkiem wrażliwym na deficyt światła słonecznego, zwłaszcza młode egzemplarze. Wzrost roślin w warunkach 60–70% zacielenia był znacznie ograniczony, zaś w warunkach 80% zacielenia następowało zamieranie wschodzących siewek (Bakker 1960). Natomiast w zacieleniu 55–65% zmniejszyła się produkcja pędów kwiatowych, kwiatów i nasion, co jednocześnie było przyczyną bardzo słabego kiełkowania. Jest również wrażliwy na niskie temperatury. W badaniach kanadyjskich wykazano, że temperatura zmniejszająca przeżywalność korzeni o 50% wynosi 7°C, zaś temperatura, w której całkowita sucha masa korzeni zmniejszyła się o 50% wynosi 5°C (Schimming i Messersmith 1988).

Ostrożeń polny w znikomym stopniu rozmnaża się generatywnie. Mimo że jedna roślina wytwarza 1000–5000 nasion, to jednak są one w małym stopniu zdolne do kiełkowania. Nasiona zachowują żywotność przez 20 lat. Rozmnaża się bardzo dynamicznie z pociętych w czasie uprawy kłączy. Siewki i nowe odrosty pojawiają się na wiosnę. Osobniki, które weszły z nasion rosną wolniej i są mniej konkurencyjne niż te, które powstały z kłączy, zaś rozwój z pociętych w czasie uprawy kłączy jest bardzo dynamiczny (Strobach i in. 2008). Nowe pędy mogą wyrastać już z fragmentów o długości 3–6 cm, a rośliny z nich powstałe rosną szybciej niż pochodzące z nasion. Ostrożeń polny jest wysoce konkurencyjny dla upraw – próg szkodliwości wynosi 1–2 szt. · m<sup>-2</sup> dla zbóż, kukurydzy i rzepaku.

### ZWALCZANIE OSTROŻNIA POLNEGO

#### Zwalczanie mechaniczne

Jako jedną z metod walki z ostrożniem polnym można polecić wiosenne bronowanie upraw, jednak wadą tej metody jest fakt, że nie niszczy ono roślin ostrożnia, lecz jedynie osłabia i hamuje ich rozwój. W fazie kwitnienia można usuwać same kwiatostany, aby zapobiec rozsiewaniu się nasion.

Jednym z najbardziej skutecznych sposobów ograniczania liczebności ostrożnia polnego jest powtarzana uprawa ścierniska, którą wykonuje się po zbiorze rośliny uprawnej. Zwalczanie mechaniczne polega na zakłócaniu wzrostu podziemnych kłączy przez rozrywanie i przemieszczanie. Może się on odbywać za pomocą orki, w czasie której następuje inwersja gleby lub z wykorzystaniem urządzeń pielęgnacyjnych minimalnie naruszających glebę. Polega ona na zastosowaniu (najczęściej 2–3-krotnym) zębatego narzędzia odchwaszczającego, a następnie wykonaniu głębokiej orki (Lukashyk i in. 2007, Brandsæter i in. 2012). W badaniach prowadzonych na terenie Danii zastosowanie tego typu metody po zbiorach jęczmienia jarego skutkowało w pierwszym roku redukcją populacji ostrożnia na poziomie 80–90%, zaś całkowity stopień zniszczenia tego gatunku po dwóch latach badań wyniósł 99% (Melander i in. 2012). Uważa się, że pojedyncza uprawa, tak jak w przypadku innych chwastów wieloletnich, wpłynie na rozprzestrzenienie się ostrożnia na polu. Zaleca się włączyć do płodozmienu rośliny wymagające wielokrotnego koszenia, jak np. lucerna. Koszenie tylko raz w roku, bez dodatkowych zabiegów pielęgnacyjnych, powoduje rozprzestrzenianie się i intensywniejszy wzrost ostrożnia (Gaisler i in. 2008).

W uprawach ekologicznych podstawowym sposobem radzenia sobie z tym gatunkiem jest uprawa mechaniczna (Lukashyk i in. 2007, Thomsen i in. 2011, Brandsæter i in. 2017). Prowadzone były również badania nad efektywnością różnych terminów orki. W badaniach tych wykazano, że uprawa wiosenna zmniejsza populację ostrożnia polnego w porównaniu z uprawą jesienną, zaś najlepszą strategią zwalczania tego gatunku jest powtarzana uprawa ścierniska z użyciem brony talerzowej, a następnie wiosenna orka (Brandsæter i in. 2017). Zabiegi te kolidowały jednak z terminowym wykonaniem siewu, wymuszając jego przesunięcie w czasie, co skutkowało obniżeniem plonów. Wpływ powtarzanej uprawy ścierniska na ograniczanie ostrożnia oceniali także Lukashyk i in. (2007). Dodatkowo włączyli dwie inne metody, tj. wielokrotne koszenie życicy i koniczyny oraz uprawę roślin pastewnych po uprawie życicy i koniczyny zaoranej w maju/czerwcu. Każda z tych metod w bardzo wysokim stopniu była przydatna do zwalczania tego gatunku.

W związku z dużą wrażliwością ostrożnia na zacienienie zaleca się wykorzystywanie roślin okrywowych, których rolą jest tłumienie jego wzrostu. Włączenie ich do płodozmienu często uznawane jest za najbardziej skuteczną metodę w porównaniu z innymi proekologicznymi rozwiązaniami (Edwards i in. 2000, Thomsen i in. 2011, Weigel i in. 2023). W badaniach Weigela i in. (2023) rośliny okrywowe silnie wpłynęły na ekspansję (wzrost powierzchni pojedynczych skupisk), zaś w mniejszym stopniu na liczebność w obrębie skupiska. Połączenie roślin okrywowych z jesiennymi (na głębokość 10 cm) i wiosennymi (20–25 cm) zabiegami pielęgnacyjnymi tnącymi kłączy dało efekt chwastobójczy porównywalny z orką.

Jedną z propozycji, którą można wdrożyć w gospodarstwach ekologicznych do zwalczania ostrożnia polnego jest wykorzystanie bioherbicydów opartych na jego naturalnych patogenach. Pomimo zidentyfikowania wielu gatunków grzybów zasie-

dlających rośliny ostrożnia, badania koncentrowały się na niektórych tylko gatunkach grzybów. Najczęściej wykorzystywanym w tego typu pracach gatunkiem był *Sclerotinia sclerotiorum*. Również w Polsce prowadzone były prace nad izolatami *S. sclerotiorum*, które mogą być potencjalnymi patogenami w mykoherbicydach (Ratajkiewicz i in. 2009). Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że jednym z najsilniejszych dla ostrożnia polnego patogenów jest *Puccinia punctiformis*, który powodował wyniszczenie nawet całej populacji tego gatunku (Ratajkiewicz i in. 2010).

### Zwalczanie chemiczne

Ostrożeń polny jest wrażliwy na wiele substancji czynnych herbicydów, co daje względnie duże możliwości chemicznej eliminacji tego gatunku w trakcie wegetacji upraw. Najszerze możliwości chemicznego zwalczania tego chwastu posiadają zboża (głównie pszenica ozima), w których można zastosować takie substancje, jak: tribenuron metylu, MCPA, chlopyralid lub fabryczne mieszaniny: 2,4-D + fluroksypyr, 2,4-D + dikamba, florasulam + diflufenikan, florasulam + aminopyralid, florasulam + jodosulfuron metylosodowy + tribenuron metylu, MCPA + chlopyralid + fluroksypyr. W kukurydzy można zastosować herbicydy z nikosulfuronem lub mieszaninę foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy + tienkarbazon metylu, zaś w rzepaku chlopyralid, pikloram lub mieszaninę obu substancji.

### Skrzyp polny (*Equisetum arvense* L.)

Skrzyp polny to gatunek szeroko rozpowszechniony w Polsce, zasiedlający niemal wszystkie typy gleb, jednak preferuje on stanowiska wilgotne, z okresowo stojącą wodą. Jeszcze do niedawna uznawany był za roślinę wskaźnikową gleb kwaśnych, zaś obecnie spotyka się go na stanowiskach w dość szerokim zakresie pH.

Osobniki skrzypu polnego pojawiają się na wiosnę w postaci żółtobrazowych pędów zarodniośnych zakończonych kłosem zarodniośnym, które po wydaniu zarodników zamierają. Późną wiosną/z początkiem lata pojawiają się zielone pędy płonne, które pokrojem przypominają choinki. Ich wysokość zazwyczaj nie przekracza 50 cm (Tymrakiewicz 1976, Czubiński i Paradowski 2014).

Oprócz generatywnego sposobu reprodukcji gatunek ten rozmnaża się za pomocą mocno rozgałęzionych kłaczy z bulwiastymi organami spichrzowymi. Rozbudowany system korzeniowy pozwala na szybkie rozprzestrzenianie się na polu. Badania amerykańskie wykazały, że po zakotwiczeniu się na plantacji, może zająć hektar pola (Cloutier i Watson 1985). System korzeniowy sięga na głębokość do 200 cm w profilu glebowym (Tymrakiewicz 1976, Czubiński i Paradowski 2014). Natomiast niektórzy uważają, że w poszukiwaniu wody korzenie mogą dotrzeć na głębokość 300 cm (Bastienne i in. 2003). Ta właściwość stanowi o dodatkowej szkodliwości skrzypu, jaką jest przerastanie systemu drenującego pola i tym samym utrudnianie



przepływu wody (Bastiene i Šaulys 2002). Skrzyp jest wrażliwy na deficyt światła, w takich warunkach następuje ograniczenie produkcji biomasy kłaczy oraz jest niski poziom węglowodanów (Andersson i Lundengårdh 1999, Sakamaki i Ino 2004).

Cechą charakterystyczną skrzypu jest duża zawartość krzemionki w ścianach komórkowych, co jest powodem skrzywienia roślin przy zginaniu.

### **ZWALCZANIE SKRZYPU POLNEGO**

Chemiczne zwalczanie skrzypu polnego w trakcie wegetacji rośliny uprawnej jest bardzo mocno ograniczone. Wynika to z wysokiego stężenia krzemionki w ścianach roślin, która stanowi barierę dla wnikania herbicydów. Dodatkowym ograniczeniem w zwalczaniu chemicznym są mocno zredukowane liście, przez co powierzchnia absorpcyjna herbicydu jest niewielka (Mitich 1992). Spośród zarejestrowanych w Polsce herbicydów, do zwalczania skrzypu nadają się środki z grupy regulatorów wzrostu, np. zarejestrowana do stosowania w pszenicy ozimej mieszanina MCPA + chlopyralid + fluroksypyr. Herbicydy nie są w stanie całkowicie zniszczyć pędów skrzypu, mogą jedynie ograniczyć ich wzrost. Z tego względu w walce ze skrzypem polnym należy położyć nacisk na kombinację metody chemicznej z mechaniczną, jakkolwiek wykazano, że powtarzane zabiegi bronowania wywierają niewielki wpływ na liczebność skrzypu (Cloutier i Watson 1985).

W związku z faktem, że skrzyp lubi zastoiska wodne oraz gleby o kwaśnym odczynie, należy zadbać o uregulowanie stosunków powietrzno-wodnych poprzez zabiegi melioracyjne oraz w razie konieczności przeprowadzić wapnowanie w celu podniesienia pH gleby (Bastiene i in. 2006). Powyżsi autorzy są zdania, że niewłaściwa konserwacja systemów odwadniających, opóźnienia w naprawie systemów drenażowych, niedostateczne wapnowanie, a także niewłaściwie wykonane odchwaszczanie mechaniczne pośrednio przyczyniają się do ekspansji tego gatunku.

W zapobieganiu rozprzestrzenianiu się skrzypu można wykorzystać fakt, że jest on światłolubny i słabiej rośnie na zacienionym stanowisku. Dobrze jest więc do płodozmianu włączyć rośliny o dużej zdolności do zagłuszania chwastów oraz poprawić konkurencyjność aktualnej uprawy poprzez, np. wybór odmiany, gęstość siewu, zwiększone nawożenie azotowe (Andersson i Milberg 1996).

### **Podsumowanie**

Chwasty wieloletnie spotykane w uprawach rolniczych są znaczną przeszkodą w uzyskaniu dużych i dobrych jakościowo plonów. Wpływa na to ich rozbudowany system podziemnych organów wegetatywnego rozmnażania, dzięki czemu są w stanie przetrwać na polu i rozprzestrzeniać się na sąsiednie arealy. Jednocześnie niewiele jest dostępnych herbicydów, które skutecznie niszczą te gatunki w trakcie wegetacji roślin uprawnych. Wadą stosowania wyłącznie chemicznego zwalczania chwastów wieloletnich jest fakt, że niszczą one tylko zielone części roślin (jedynie glifosat

w małym stopniu niszczy organy podziemne), więc z podziemnych kłączy mogą nadal wyrastać nowe rośliny. Fragmentacja kłączy w czasie zabiegów uprawowych pobudza uśpione pączki do wydawania kolejnych osobników. Naukowcy na ogół są zgodni co do tego, że jedynie powtarzana w odpowiednich odstępach czasu uprawa ścierniska, w czasie której następuje fragmentacja kłączy, może ograniczyć występowanie chwastów wieloletnich, natomiast pojedynczy zabieg może wręcz przyczynić się do ich rozprzestrzenienia. Kompleksowe podejście do zagadnienia uwzględniające cały system uprawek mechanicznych, zwalczanie chemiczne, bądź też wykorzystanie roślin okrywowych oraz wszelkie działania profilaktyczne mogą zapewnić sukces w walce z chwastami wieloletnimi. Wymaga to jednak systematyczności i należy przygotować się na długotrwałą walkę.

## Literatura

1. A d e u x G., Yvo z S., Biju-Duval L., Cadet E., Farcy P., Fried G., Guillemin J.P., Meunier D., Munier-Jolain N., Petit S., Cordeau S.: Cropping system diversification does not always beget weed diversity. *European Journal of Agronomy*, 2022, **133**: 126438.
2. A n d e r s s o n T.N., Milberg P.: Weed performance in crop rotations with and without leys and at different nitrogen levels. *Annals of Applied Biology*, 1996, **128(3)**: 505-518.
3. A n d e r s s o n T., Lundengårdh B.: Growth of field horsetail (*Equisetum arvense*) under low light and low nitrogen conditions. *Weed Science*, 1999, **47(1)**: 41-46.
4. A r o n s s o n H., Ringselle B., Andersson L., Bergkvist G.: Combining mechanical control of couch grass (*Elymus repens* L.) with reduced tillage in early autumn and cover crops to decrease nitrogen and phosphorus leaching. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2015, **102**: 383-396.
5. B a k k e r D.: A comparative life-history study of *Cirsium arvense* (L.) Scop. and *Tussilago farfara* L., the most troublesome weeds in the newly reclaimed polders of the former Zuiderzee. In: *The Biology of Weeds*, J.L. Harper (ed.). Oxford, United Kingdom: Blackwell Scientific Publishers, Ltd., 1960, p. 205-222.
6. B a s t i e n e N., Šaulys V.: Investigations and control of field horsetail (*Equisetum arvense* L.) on drainage lines. *Vagos*, 2002, **55**: 91-94.
7. B a s t i e n e N., Šaulys V., Čiuberkis S.: Spread of field horsetail (*Equisetum arvense* L.) in drained areas in Lithuania: reasons and consequences. 22nd Congress of Nordic Association of Agricultural Scientists (NJF) 'Nordic Agriculture in Global Perspective', Turku (Finland), 1-4 July 2003, p. 102.
8. B a s t i e n e N., Saulys V., Ciuberkis S.: The spread of field horsetail (*Equisetum arvense* L.) in drained areas of Lithuania: Reasons and consequences, and possibilities for its control. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil & Plant Science*, 2006, **56**: 25-30.
9. B e r g k v i s t G., Ringselle B., Magnuski E., Mangerud K., Brandsæter L.O.: Control of *Elymus repens* by rhizome fragmentation and repeated mowing in a newly established white clover sward. *Weed Research*, 2017, **57**: 172-181.
10. B r a n d s æ t e r L.O., Fogelfors H., Fykse H., Graglia E., Jensen R.K., Melander B., Salonen J., Vanhala P.: Seasonal restrictions of bud growth on roots of *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* and rhizomes of *Elymus repens*. *Weed Research*, 2010, **50(2)**: 102-109.
11. B r a n d s æ t e r L.O., Goul Thomsen M., Wærnhus K., Fykse H.: Effects of repeated clover undersowing in spring cereals and stubble treatments in autumn on *Elymus repens*, *Sonchus arvensis* and *Cirsium arvense*. *Crop Protection*, 2012, **32**: 104-110.



12. Brandsæter L.O., Mangerud K., Helgheim M., Berge T.W.: Control of perennial weeds in spring cereals through stubble cultivation and mouldboard ploughing during autumn or spring. *Crop Protection*, 2017, **98**: 16-23.
13. Cloutier D., Watson A.K.: Growth and regeneration of field horsetail (*Equisetum arvense*). *Weed Science*, 1985, **33**: 358-365.
14. Czubiński T., Paradowski A.: Atlas chwastów dla praktyków. Polskie Wydawnictwa Rolnicze Sp. z o.o., Poznań 2014, pp. 288.
15. Demjanova E., Macak M., Tyr S., Djalovic L., Zak S., Smatana J.: Weed populations in maize as affected by crop rotation and primary soil tillage. *Journal of Plant Disease and Protection*, 2008, **21**: 529-533.
16. Ebers S., Brandl R.: Regional patch dynamics of *Cirsium arvense* and possible implications for plant-animal interactions. *Journal of Vegetation Science*, 2003, **14**: 259-266.
17. Edwards G.R., Bourdot G.W., Crawley M.J.: Influence of herbivory, competition and soil fertility on the abundance of *Cirsium arvense* in acid grassland. *Journal of Applied Ecology*, 2000, **37**: 321-334.
18. Fairbairn C.B., Thomas B.: The potential nutritive value of some weeds common to north-eastern England. *Journal of the British Grassland Society*, 1959, **14**: 36-46.
19. Gaisler J., Pavlu V., Hejeman M.: Effect of different defoliation practices on weeds in an upland meadow. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2008, **21**: 541-545.
20. Gołębiewska H.: Problemy ograniczania chwastów wieloletnich w uproszczonej uprawie kukurydzy w warunkach Dolnego Śląska. *Progress in Plant Protection*, 2012, **52**: 556-562.
21. Hartwig N.L., Ammon H.U.: Cover crops and living mulches. *Weed Science*, 2002, **50**: 688-699.
22. Kieloch R., Weber R., Gołębiewska H.: The effect of soil type and farm size on the variability of weed infestation in maize (*Zea mays* L.) fields in the south-west region of Poland. *International Journal of Pest Management*, 2018, **64(2)**: 95-101.
23. Kolberg D., Brandsæter L.O., Bergkvist G., Solhaug K.A., Melander B., Ringselle B.: Effect of rhizome fragmentation, clover competition, shoot-cutting frequency, and cutting height on quackgrass (*Elymus repens*). *Weed Research*, 2018, **66(2)**: 215-225.
24. Lukashyk P., Berg M., Köpke U.: Strategies to control Canada thistle (*Cirsium arvense*) under organic farming conditions. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2007, **23(1)**: 13-18.
25. McIntyre G.I.: Some effects of the nitrogen supply on the growth and development of *Agropyron repens* L. Beauv. *Weed Research*, 1965, **5(1)**: 1-12.
26. Melander B., Holst N., Rasmussen I.A., Hansen P.K.: Direct control of perennial weeds between crops – Implications for organic farming. *Crop Protection*, 2012, **40**: 36-42.
27. Melander B., Munier-Jolain N., Charles R., Wirth J., Schwarz J., Van der Weide R.Y., Bonin L., Jensen P.K., Kudsk P.: European perspectives on the adoption of nonchemical weed management in reduced-tillage systems for arable crops. *Weed Technology*, 2013, **27(1)**: 231-240.
28. Mikulka J., Korčáková M., Burešová V., Andr J.: Changes in weed species spectrum of perennial weeds on arable land, meadows and pastures. *Plant Soil and Science*, 2009, **45**: 63-66.
29. Mitch L.: Horsetail. *Weed Technology*, 1992, **6**: 779-781.
30. Moyer J.R., Blackshaw R.E., Smith E.G., McGinn S.M.: Cereal cover crops for weed suppression in a summer fallow-wheat cropping sequence. *Canadian Journal of Plant Science*, 2000, **80 (2)**: 441-449.
31. Nadeau L., Vanden Born W.H.: The effects of supplemental nitrogen on shoot production and root bud dormancy of Canada thistle (*Cirsium arvense*) under field conditions. *Weed Science*, 1990, **48(4-5)**: 379-384.
32. Niederstrasser J., Gerowitt B.: Studies on the response of root fragments of *Cirsium arvense* on dryness. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2008, **21**: 369-372.

33. Olesen J.E., Hansen E.M., Askegaard M., Rasmussen I.A.: The value of catch crops and organic manures for spring barley in organic arable farming. *Field Crops Research*, 2007, **100**: 168-178.
34. Pilipavičius V., Romaneckienė R., Romaneckas K.: Crop stand density enhances competitive ability of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil & Plant Science*, 2011, **61**: 648-660.
35. Poorter H., Nagel O.: The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. *Functional Plant Biology*, 2000, **27**: 595-607.
36. Ratajkiewicz H., Karolewski Z., Werner M.: Ocena możliwości wykorzystania patogenów ostrożenia polnego (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) do biologicznego zwalczania tego chwastu. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2009, **49(2)**: 879-882.
37. Ratajkiewicz H., Kierzek R., Karolewski Z., Werner M.: Ocena możliwości zwalczania ostrożenia polnego z wykorzystaniem grzybów patogenicznych w rolnictwie ekologicznym. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2010, **55(4)**: 61-66.
38. Ringselle B., Bergkvist G., Aronsson H., Andersson L.: Under-sown cover crops and post-harvest mowing as measures to control *Elymus repens*. *Weed Research*, 2015, **55(3)**: 309-319.
39. Ringselle B., Prieto-Ruiz I., Andersson L., Arronson H., Bergkvist G.: *Elymus repens* biomass allocation and acquisition as affected by light and nutrient supply and companion crop competition. *Annals of Botany*, 2016, **119(3)**: 477-485.
40. Ringselle B., De Cauwer B., Salonen J., Soukup J.: A review of non-chemical management of couch grass (*Elymus repens*). *Agronomy*, 2020, **10(8)**: 1178.
41. Rola H., Rola J., Zaliwski A.: Rozmieszczenie chwastów segetalnych w uprawach rolniczych Polski. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Wrocław, 2001, ss. 41.
42. Sakamaki Y., Ino Y.: Response of non-structural carbohydrate content of belowground parts in *Equisetum arvense* according to irradiance change during a growing season. *Journal of Plant Research*, 2004, **117**: 385-391.
43. Schimming W.K., Messersmith C.G.: Freezing resistance of overwintering buds of four perennial weeds. *Weed Science*, 1988, **36**: 568-573.
44. Schreiber M.M.: Effect of density and control of Canada thistle on production and utilisation of alfalfa pasture. *Weed Science*, 1967, **15**: 138-142.
45. Strobach J., Korcakova M., Mikulka J.: Biomass production of *Cirsium arvense* (L.) Scop. after generative and vegetative propagation in pot experiment. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2008, **21**: 285-290.
46. Teasdale J.R., Brandsæter L.O., Calegari A., Skora Neto F.: Cover crops and weed management. In: *Non-chemical Weed Management*, M.K. Upadhyaya & R.E. Blackshaw (eds). CAB International, Vancouver, BC, Canada, 2007, pp. 49-64.
47. Thomsen M.G., Brandsæter L.O., Fykse H.: Sensitivity of *Cirsium arvense* to simulated tillage and competition. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil & Plant Science*, 2011, **61**: 693-700.
48. Tørresen K.S., Skuterud R., Tandsether H.J., Bredesen Hagemo M.: Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effects on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Protection*, 2003, **22**: 185-200.
49. Tørresen K.S., Fykse H., Rafoss T., Gerowitt B.: Autumn growth of three perennial weeds at high latitude benefits from climate change. *Global Change Biology*, 2020, **26**: 2561-2572.
50. Tymrakiewicz W.: Atlas chwastów. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1976, Wyd. III, pp. 439.
51. Warcholińska U.: Występowanie niektórych gatunków chwastów na glebach różnych kompleksów województwa skierniewickiego. *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Botanica*, 1992, **9**: 23-39.

52. Weigel M.M., Andert S., Gerowitt B.: Monitoring patch expansion amends to evaluate the effects of non-chemical control on the creeping perennial *Cirsium arvense* (L.) Scop. in a spring wheat crop. *Agronomy*, 2023, **13(6)**: 1474.
  53. Wittwer R.A., van der Heijden M.G.A.: Cover crops as a tool to reduce reliance on intensive tillage and nitrogen fertilization in conventional arable cropping systems. *Field Crop Research*, 2020, **249**: 107736.
  54. Ziska L.H.: Evaluation of the growth response of six invasive species to past, present and future atmospheric carbon dioxide. *Journal of Experimental Botany*, 2003, **54(381)**: 395-404.
- 

Adres do korespondencji:

*dr inż. Renata Kieloch*  
*Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. 81 47 86 903*  
*e-mail: r.kieloch@iung.wroclaw.pl*

---

AUTOR	ORCID
Renata Kieloch	0000-0001-7411-1115

**Tomasz R. Sekutowski**

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

ALTERNATYWNE METODY OGRANICZANIA WYSTĘPOWANIA  
CHWASTÓW – PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA RÓŻNYCH METOD  
I ŚRODKÓW NIECHEMICZNYCH\*

**Słowa kluczowe:** agrofitycenoza, chwasty, metody alternatywne (niechemiczne), zwalczanie

---

**Wstęp**

Agrofitocenoza pól uprawnych stanowi specyficzną grupę ekosystemów powstałych w wyniku zamierzonej działalności plantatora. Najczęściej takie działanie przyczynia się do powstania sprzyjających warunków bytowych dla rośliny uprawnej, ale nie tylko, gdyż w warunkach polowych oprócz rośliny uprawnej spotyka się również inne gatunki roślin, które pojawiają się spontanicznie, samorzutnie, a określane są jako chwasty (Aldrich 1997, Rudnicki i Jaskulski 2006, Woźnica 2008, Dobrzański i Adamczewski 2009b).

Z rolniczego punktu widzenia chwasty są to rośliny, które stanowią element niepożądany ze względu na posiadanie silnego oddziaływania konkurencyjnego w odniesieniu do rośliny uprawnej. Mogą to być gatunki dziko rosnące, zdziczałe gatunki uprawne, a nawet obce gatunki uprawne. Ostatnie dwie grupy nie są chwastami w ścisłym tego słowa znaczeniu, mogą jednak zachwaszczać jednogatunkowe uprawy rolnicze. Dlatego chwastami właściwymi nazywamy tylko te gatunki roślin (tzw. segetalne) występujące na plantacjach roślin uprawnych, które przystosowały się do zmieniających się warunków uprawy, tak że mogą się samoistnie rozwijać, a dzięki odpowiednim sposobom rozmnażania poprzez nasiona, kłącza, rozłogi, bulwy czy cebulki, pojawiać się samorzutnie w kolejnych latach uprawy (Świętochowski i Tołpa 1950, Dzieżyc 1962, Aldrich 1997, Woźnica 2008, Dobrzański 2011).

---

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6.2. pt. „Monitorowanie uodparniania się agrofagów na środki ochrony roślin oraz tworzenie programów redukcji ryzyka” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2024 r.

Szkodliwość chwastów wiąże się przede wszystkim z ich negatywnym oddziaływaniem na wzrost i rozwój rośliny uprawnej, co w konsekwencji prowadzi do obniżenia wielkości plonu, a nierzadko również jego jakości. Oddziaływanie to jest najczęściej wynikiem współzawodnictwa, czyli konkurencji o dostęp przestrzeni życiowej, wody, światła i składników pokarmowych, ale bardzo często wiąże się także z oddziaływaniem biochemicznym na poziomie ładu czy gleby (zjawisko allelopatii) (Domańska 1980, Aldrich 1997, Gniazdowska i in. 2004, Woźnica 2008, Dobrzański 2009, Dobrzański i Adamczewski 2009b).

Skuteczna walka z chwastami nadal stanowi duże wyzwanie dla plantatora, a wypracowywanie skutecznej regulacji zachwaszczenia z wykorzystaniem różnych metod ochrony (głównie niechemicznych) wciąż jest zadaniem czasochłonnym, wymagającym dużej wiedzy na temat ich biologii i ekologii oraz znacznego zaangażowania samego plantatora.

Celem pracy przeglądowej jest przedstawienie i opisanie różnych alternatywnych metod i środków niechemicznych, które mogą być wykorzystane do skutecznego ograniczenia występowania gatunków chwastów występujących w uprawach polowych.

### **Przegląd różnych metod i środków niechemicznych**

Współczesne założenia dotyczące ochrony przed chwastami mówią nie o całkowitym niszczeniu chwastów, lecz o ograniczaniu zachwaszczenia bądź o takim sterowaniu ochroną (za pomocą różnych metod), aby spowodować, że chwasty osiągną minimalną liczebność, która nie będzie już stanowiła zagrożenia dla rośliny uprawnej (Adamczewski i Dobrzański 1997, Dobrzański i Adamczewski 2009a).

Jeszcze do niedawna rolnictwo opierało swoją działalność w zakresie ochrony roślin głównie na syntetycznych środkach chemicznych (Adamczewski 1988 i 2000, Adamczewski i Woźnica 1991, Sobótka 1999, Praczyk i Skrzypczak 2004). Rolnicy stosowali zazwyczaj jeden zabieg doglebowy lub nalistny w maksymalnych zalecanych dawkach (ewentualnie w dawkach dzielonych bądź zredukowanych). Obserwując zadowolający efekt chwastobójczy danej substancji czynnej (s.cz.) herbicydu, używali jej w kolejnych sezonach wegetacyjnych. Niestety takie długofalowe podejście do ochrony, czyli tak naprawdę brak rotacji herbicydowej, doprowadziło do powstania zjawiska tzw. kompensacji herbicydowej. Jej pokłosiem bardzo często było i jest pojawienie się biotypów chwastów odpornych na daną substancję czynną czy grupę chemiczną (Kucharski i in. 2012, Adamczewski 2014).

Z tego względu coraz częściej plantatorzy wybierają takie sposoby regulacji zachwaszczenia, które pozwalają utrzymać zachwaszczenie na poziomie, który gwarantuje uzyskanie zadowolających plonów przy zachowaniu ich wysokiej jakości oraz względnej równowagi ekologicznej (Kowalska i Pruszyński 2007). Ponadto dążenia i praktyczne rozwiązania w tym zakresie są „wymuszane” odpowiednimi aktami prawnymi. Najnowszym z nich jest tzw. Europejski Zielony Ład (EZŁ), którego jednym z założeń jest ograniczenie używania syntetycznych środków ochrony roślin (ś.o.r.)

poprzez wykorzystywanie innych (niechemicznych) metod ochrony w ramach tzw. Integrowanej Produkcji Roślinnej. W dużym skrócie można powiedzieć, że wedle EZŁ walka z agrofagami (np. chwastami) musi opierać się na wykorzystaniu działań alternatywnych do środków chemicznych (głównie zabiegów agrotechnicznych i metod biologicznych) (Wspólna Polityka Rolna po 2020 roku – Europejski Zielony Ład; Metodyki integrowanej ochrony roślin).

Szkodliwość chwastów zależy w dużej mierze od liczebności, czy też nasilenia występowania na jednostce powierzchni, powiązanej z progami biologicznej i ekonomicznej szkodliwości. Dlatego plantatorzy w pierwszym kroku przed przystąpieniem do ochrony plantacji powinni przeprowadzić monitoring, na podstawie którego będą mogli określić próg biologicznej i ekonomicznej próg szkodliwości danego agrofaga (Krzymuski i in. 1988, Rola i in. 2013, Platforma Sygnalizacji Agrofagów).

### **Charakterystyka progów szkodliwości:**

Próg biologicznej szkodliwości – jest to takie nasilenie agrofagów na jednostce powierzchni lub stopień pokrycia gleby przez chwasty, które powoduje istotną zniżkę plonu.

Próg ekonomicznej szkodliwości – jest to takie nasilenie agrofagów (np. chwastów), po przekroczeniu którego następuje znaczące zmniejszenie plonu rośliny uprawnej.

Progi szkodliwości wyznacza się poprzez przeanalizowanie wpływu nasilenia szkodliwego agrofagu (np. chwastu) na wysokość plonu rośliny uprawnej (wartość zmniejszonego plonu równa się kosztom zastosowanej metody ochrony) (Dobrzański i Adamczewski 2009a). Większość „typowych” chwastów segetalnych ma określony próg ekonomicznej szkodliwości. Dla miotły zbożowej (*Apera spica-venti*) jest to 5–10 roślin·m<sup>-2</sup>, wyczyńca polnego (*Alopecurus myosuroides*) 5 roślin·m<sup>-2</sup>, owsa głuchego (*Avena fatua*) 26–50 roślin·m<sup>-2</sup>, stokłosa płonnej (*Bromus sterilis*) 5 roślin·m<sup>-2</sup>, perzu właściwego (*Elymus repens*) 10–15 roślin·m<sup>-2</sup>, przytuli czepnej (*Galium aparine*) 0,5(2)–5 roślin·m<sup>-2</sup>, ostrożnia polnego (*Cirsium arvense*) 1–2 roślin·m<sup>-2</sup>, maruny bezwonnej (*Matricaria maritima* ssp. *inodora*) 10 roślin·m<sup>-2</sup>, chabra bławatka (*Centaurea cyanus*) 1–5 roślin·m<sup>-2</sup>, maku polnego (*Papaver rhoeasa*) 6–10 roślin·m<sup>-2</sup>, przetacznika perskiego (*Veronica persica*) 10–25 roślin·m<sup>-2</sup>, a dla fiołka polnego (*Viola arvensis*) 20–25 roślin·m<sup>-2</sup>, występujących w roślinach zbożowych (Rola i in. 2013).

Znając próg ekonomicznej szkodliwości, można przystąpić do wyboru jednej lub kilku z dostępnych obecnie metod czy środków niechemicznych ograniczających zachwaszczenie.

### **Metoda zapobiegawcza, czyli profilaktyka**

Metoda zapobiegawcza polega na zapewnieniu roślinom uprawnym optymalnych warunków do wzrostu i rozwoju, dzięki którym będą mogły wykorzystać swój

potencjał obronny poprzez oddziaływania konkurencyjne czy też biochemiczne. Istotnym czynnikiem w tej metodzie są działania zmierzające do ograniczenia zasobu nasion chwastów w glebie oraz niedopuszczenia do wydania nasion przez chwasty w łanie rośliny uprawnej. Ponadto ważnym czynnikiem jest niedopuszczenie do „zanieczyszczenia” gleby nasionami chwastów z innych źródeł, tj. materiałem siewnym, nawozy organiczne (obornik, kompost) czy też narzędzia i maszyny do uprawy roli, siewu i zbioru (Aldrich 1997, Woźnica 2008, Dobrzański 2009, Dobrzański i Adamczewski 2009a, Zbytek 2009).

**Materiał siewny** – szczególnie w przeszłości materiał siewny był istotnym źródłem zanieczyszczającym pola nasionami chwastów. Przykładem mogą być kąkol polny (*Agrostemma githago*), który był przenoszony wraz z materiałem siewnym głównie żyta ozimego (*Secale cereale*) czy kłącza perzu właściwego (*Agropyron repens*), które były przenoszone w bryle korzeniowej sadzonek czy rozsady różnych roślin warzywnych (Dobrzański 2009, Dobrzański i Adamczewski 2009a). Obecnie materiał siewny, dzięki ocenie jakościowej (kwalifikacji), może być dopuszczony do obrotu tylko wtedy, kiedy nie zawiera żadnych nasion chwastów lub tylko niewielkie ich domieszki ściśle określone normami krajowymi lub międzynarodowymi (Rozporządzenie MRiRW 2013).

**Nawozy organiczne (obornik i kompost)** – bardzo istotne znaczenie ma stosowanie nawozów organicznych w stanie wolnym od nasion chwastów. W dobrze zagospodarowanym oborniku czy kompoście znaczna część nasion chwastów traci zdolność kiełkowania. Istotnym elementem ograniczającym witalność nasion chwastów jest temperatura, która w przypadku obornika, szczególnie w I etapie zwanym gorącą fermentacją, powinna wynosić ok. 50–55°C. Podobnie jest w przypadku kompostu, gdzie w etapie II, tzw. termofilnym następuje zagrzewanie się przyzmy kompostowej do temperatury 65°C, co w konsekwencji prowadzi do higienizacji, czyli niszczenia bakterii i grzybów chorobotwórczych oraz ograniczenia żywotności diaspor chwastów (Piechota i Dach 2007, Dobrzański i Adamczewski 2009a, Dziągwa i Sekutowski 2012, Sekutowski 2023).

**Narzędzia i maszyny do uprawy roli, siewu i zbioru** – nieczyszczone lub niedokładnie wyczyszczone narzędzia oraz maszyny mogą być źródłem zachwaszczenia pola i rozprzestrzeniania się niektórych gatunków chwastów; szczególnie problem ten dotyczy upraw następczych. Przykładem mogą być kłącza perzu właściwego (*Agropyron repens*), które bardzo często są „rozwlekane” po polu, tylko dlatego, że traktorzyście nie chciało się ich usunąć z łap kultywatora czy z zębów brony (Dobrzański i Adamczewski 2009a). Innym źródłem zanieczyszczenia mogą być zbiorniki kombajnów czy przyczep transportujących. Przykładem może być zaśláz pospolity (*Abutilon theophrasti*), który został „wprowadzony” na obszar Opolszczyzny i Dolnego Śląska wraz z niedoczyszczonymi kombajnami do zbioru buraków i kukurydzy, które zostały sprowadzone przez polskich rolników z terenów Niemiec i Francji (Kita



i in. 2003, Pusz 2007, Sekutowski i Hreniak 2007, Domaradzki i in. 2008). Dlatego zapewnienie odpowiedniej czystości narzędzi i maszyn używanych do uprawy, siewu, zbioru i transportu jest ważnym elementem zapobiegającym rozprzestrzenianiu się chwastów w uprawach rolniczych.

Czasami w obrębie metody zapobiegawczej wyodrębnia się jeszcze kwarantannę jako jeden ze sposobów ochrony roślin przed agrofagami.

**Kwarantanna** – polega głównie na zapobieganiu rozprzestrzeniania się wewnątrz danego kraju oraz przywożenia z zagranicy (np. poprzez transport lotniczy, kolejowy czy samochodowy) agrofagów będących gatunkami obcymi we florze czy faunie danego kraju. Przykładem może być rodzaj *Ambrosia*, np. ambrozja bylicolistna (*Ambrosia artemisiifolia*), która trafiła do Polski z obszarów Węgier i Rumunii, a która jeszcze w latach 90. ubiegłego wieku była objęta kwarantanną i podlegała ustawowemu zwalczaniu na terenie naszego kraju (Rozporządzenie MRiGŻ 1990, Weber i Gut 2004, Miklaszewska i Pałowska 2007, Chłopek i in. 2011, Tokarska-Guzik i in. 2011).

### Metoda agrotechniczna

Metoda agrotechniczna polega na podwyższeniu zdrowotności roślin uprawnych poprzez prawidłowe i terminowe wykonanie oraz wykorzystanie różnych zabiegów poprawiających warunki bytowe roślin, ale równocześnie pogarszających warunki siedliskowe agrofagów (np. chwastów). W skład tej metody wchodzi większość zabiegów zalecanych w technice siewu i sadzenia, prawidłowym płodozmianie i zmianowaniu, uprawie współrzędnej czy prawidłowej uprawie gleby (Aldrich 1997, Woźnica 2008, Dobrzański 2009, Dobrzański i Adamczewski 2009a).

**Termin siewu i sadzenia oraz obsada** – mają bardzo istotne znaczenie i duży wpływ na możliwość zetknięcia się siewek rośliny uprawnej z agrofagami. Znając biologię danego gatunku, możemy przyspieszyć bądź opóźnić siew czy sadzenie rośliny uprawnej, ograniczając w ten sposób konkurencyjne oddziaływanie chwastów. Przykładem może być siew lub sadzenie roślin ciepłolubnych do gleby, która jest odpowiednio ogrzana, co zapewnia szybszy początkowy rozwój, a w późniejszym etapie przekłada się na silniejszą konkurencję w odniesieniu do chwastów. Równie ważnym czynnikiem jest odpowiednia obsada (gęstość siewu, sadzenia). Prawidłowa obsada (zagęszczenie ładu) znacznie zwiększa zdolność konkurencyjną rośliny uprawnej w odniesieniu do niektórych gatunków chwastów (Wesołowski 2003, Noworolnik i Leszczyńska 2004, Dobrzański i Adamczewski 2009a).

**Zmianowanie i płodozmian** – przez pojęcie zmianowania rozumiemy rozłożone w czasie następowanie po sobie różnych roślin na tym samym areale z uwzględnieniem ich wymagań siedliskowych. Natomiast zmianowanie zaplanowane z góry na szereg lat (minimum 4 lata) w określonym miejscu nazywane jest płodozmianem. Poprawnie ułożony płodozmian spełnia bardzo wiele ważnych funkcji. Zasadniczym celem jest



zachowanie i systematyczne podnoszenie żyzności gleby, co gwarantuje uzyskiwanie obfitych i zdrowych plonów. Natomiast w dłuższym przedziale czasowym przyczynia się do ograniczenia zachwaszczenia oraz ogólnej poprawy zdrowotności gleby i roślin (Świętochowski i in. 1996, Aldrich 1997, Krężel i in. 1999).

Płodozmian powinien być tak zaplanowany, aby gleba przez cały okres wegetacyjny była pokryta roślinnością. Bardzo ważną zasadą jest częste stosowanie poplonów, które mogą być wykorzystane jako zielony nawóz, mulcz lub rośliny fitosanitarne, co w konsekwencji prowadzi do stworzenia sprzyjających warunków do rozwoju pożytecznej entomofauny i edafonu glebowego (Aldrich 1997, Dobrzański i Adamczewski 2009a, Włodek i in. 2012). Klasycznym i chyba najlepiej przebadanym przykładem jest wykorzystanie do tego celu roślin żyta ozimego (*Secale cereale*), jako poplonu ozimego z przeznaczeniem na wiosenne przyoranie. Uwolnione w procesie rozkładu substancje, takie jak kwasy fenolowe (fenylooctowy, fenylomasłowy, ferulowy, benzoesowy i salicylowy) czy hydroksamowe (BOA i DIBOA) wywierają bardzo silny inhibicyjny wpływ na siewki niektórych gatunków chwastów, tj. chwastnicy jednostronnej (*Echinochloa crus-galli*), komosy białej (*Chenopodium album*), szarłatu szorstkiego (*Amaranthus retroflexus*), pieprzycy siewnej (*Lepidium sativum*) czy ambrozji bylicolistnej (*Ambrosia artemisifolia*) (Barnes i Putnam 1983, Perez i Ormeno-Nunez 1991, Przepiórkowski i Górski 1994, Grabiński 2006). W swojej pracy przeglądowej Kaczmarek (2009) wyeksponowała 3 gatunki uprawne, tj. grykę (*Fagopyrum esculentum*), słonecznik (*Helianthus annuus*) i sorgo (*Sorghum vulgare*). Gatunki te mogą być z powodzeniem stosowane jako rośliny poplonowe, mulczujące, gdyż rozkładające się resztki tych roślin silnie redukują wschody niektórych gatunków chwastów, np. szarłatu (*Amaranthus* sp.), tasznika pospolitego (*Capsella bursa-pastoris*), rumianu polnego (*Anthemis arvensis*), mozgi (*Phalaris* sp.), cibory (*Cyperus rotundus*), conydonu palczastego (*Conodon dactylon*), komosy białej (*Chenopodium album*) czy szczawiu (*Rumex* sp.).

Ponadto dobrym przykładem może być zastosowanie zasady następstwa rośliny „zachwaszczającej” po roślinie „odchwaszczającej”. Prawidłowo prowadzone zmianowanie roślin w połączeniu ze zróżnicowanymi zabiegami uprawowymi sprzyja utrzymaniu zachwaszczenia na względnie niskim poziomie, ponadto zapobiega powstawaniu zjawiska kompensacji i ogranicza niektóre gatunki chwastów, a z czasem prowadzi do wytworzenia się względnej równowagi w agrofloceniezie (Dobrzański i Adamczewski 2009a, Houben i in. 2020).

**Uprawa współrzędna** – nazywana jest też inaczej uprawą mieszaną lub pasową. Polega na umieszczeniu w tym samym rzędzie lub w rzędach obok (uprawa pasowa) dwóch lub więcej gatunków roślin uprawnych, z których obecność jednego ogranicza występowanie agrofagów w drugim gatunku (Aldrich 1997, Parylak i in. 2006, Głowacka 2007, 2009, Kaczmarek i Sekutowski 2012). Metoda ta pozwala na lepsze wykorzystanie powierzchni uprawnej, zabezpiecza przed erozją (wodną i powietrzną) oraz umożliwia wzajemną ochronę uprawianych roślin przed chwastami

(allelapatia dodatnia, np. kairomony) (Gniazdowska i in. 2004). Zwiększenie liczby gatunków w uprawie pasowej czyni ją bardziej zbliżoną do naturalnego ekosystemu, a przestrzenna różnorodność może zwiększyć plon w porównaniu z uprawami jednogatunkowymi. Przykładem może być koniczyzna czerwona, która wysiana pasowo z kukurydzą powoduje wyżkę plonowania oraz ogranicza zachwaszczenie (Aldrich 1997, Woźnica 2008, Dobrzański i Adamczewski 2009a). W uprawach mieszanych bardzo ważny jest odpowiedni dobór roślin, tak aby unikać kombinacji gatunków, które mogą wpływać na siebie niekorzystnie (allelapatia ujemna, np. allomony, depresanty) (Aldrich 1997, Gniazdowska i in. 2004).

### Metoda mechaniczna

Metoda mechaniczna polega na mechanicznym zniszczeniu, np. chwastów i obejmuje podstawową i przedsewną uprawę roli oraz zabiegi pielęgnacyjne. W metodzie tej wykorzystuje się różnego rodzaju narzędzia: bierne, tj. brony, kultywatory, pielniki, obsypniki czy aktywne, tj. glebogryzarki, aktywne pielniki szczotkowe, palcowe czy koszykowe (Zbytek 2009).

W rolnictwie, w którym nie stosuje się herbicydów (np. w rolnictwie ekologicznym, biodynamicznym czy organicznym), bezpośrednie zwalczanie chwastów poprzez uprawę roli (oczywiście poza metodami agrotechnicznymi) pozostaje jedyną alternatywną metodą przynoszącą zadowalające efekty w ograniczaniu zachwaszczenia tych plantacji (Zbytek 2009, Feledyn-Szewczyk 2023).

W okresie poprzedzającym siew rośliny następczej to właśnie mechaniczna uprawa roli spełnia kilka bardzo ważnych zadań, a mianowicie: stwarza warunki do szybkiego i masowego kiełkowania chwastów poprzez wykonanie płytkiej podorywki (np. pługiem podorywkowym lub kultywatorem podorywkowym), eliminuje siewki chwastów poprzez ich podcinanie lub umieszczenie w głębszych warstwach gleby, ale również umożliwia zniszczenie chwastów wieloletnich, rozmnażających się wegetatywnie, tj. perzu właściwego (*Agropyron repens*) czy ostrożnia polnego (*Cirsium arvense*), poprzez wykonanie głębokiej orki (metoda Williamsa zwana też metodą „przez uduszenie”) (Zarzecka i Artych 2004, Woźnica 2008).

W obrębie metody mechanicznej wyróżnia się jeszcze kilka zespołów uprawek, tj. późniwne, wiosenne i pielęgnacyjne.

**Zespół uprawek późniwnych** – jest to podstawowy zabieg mechaniczny, który powoduje szybkie wyeliminowanie dużej liczby nasion chwastów, które osypały się z roślin matecznych. Głównym zabiegiem jest płytka podorywka na głębokość ok. 4–8 cm, która może być wykonana pługiem podorywkowym lub kultywatorem podorywkowym. Ma ona na celu przykrycie ścierni, zahamowanie parowania oraz stworzenie dogodnych warunków do kiełkowania nasion chwastów (Sekutowski 2009, Zbytek 2009). Po kilku czy kilkunastu dniach następują wschody chwastów, które możemy niszczyć poprzez zastosowanie różnego rodzaju bron (np. chwastowni-

ków) czy kultywatorów. Zabieg ten określany jest często jako „pielęgnacja podorywki” i należy go powtarzać aż do momentu rozpoczęcia zespołu uprawek przedsiewnych lub przedzimowych (Woźnica 2008, Dobrzański i Adamczewski 2009a, Zbytek 2009).

**Zespół uprawek wiosennych** – jest to komplet uprawek, które powinny rozpocząć się jak najwcześniej, gdy tylko warunki atmosferyczne pozwalają na ich wykonanie (po przeschnięciu gleby, tzw. bielenie wierzchołków skib). Przeprowadza się je najczęściej na polach, na których została wykonana uprawa przedzimowa (głęboka orka zimowa zwana ziębłą). Zespół ten przygotowuje podłoże do siewu roślin jarych (np. zbóż jarych, kukurydzy, gryki, słonecznika, sorga, soi, ziemniaka) czy warzyw (tj. kapusty, kalafiora, cebuli, bakłażana, kalarepy, papryki, szpinaku). Głównym celem zespołu uprawek wiosennych jest zachowanie wody pozimowej i oszczędne nią gospodarowanie (poprzez przerwanie parowania), przyspieszenie nagrzewania się wierzchniej warstwy gleby oraz zniszczenie kiełkujących nasion czy siewek chwastów. Rodzaj wykonywanych zabiegów związany jest bezpośrednio z sianą lub sadzoną rośliną oraz ze stanem gleby po zimie i wykonanych uprawkach przedzimowych. Uprawki wiosenne początkowo polegają głównie na wyrównaniu pola poprzez wykonanie zabiegu włókania (gleby zwięźlejsze) lub bronowania (gleby lżejsze). Następnie wykonuje się sukcesywnie zabiegi z wykorzystaniem brony, kultywatora czy agregatu uprawowego, które to doprowadzają do zniszczenia chwastów, powtarzając te czynności aż do momentu siewu rośliny uprawnej (Woźnica 2008, Dobrzański i Adamczewski 2009a, Zbytek 2009).

W rolnictwie biodynamicznym czy organicznym jedną z metod ograniczenia zachwaszczenia jest wykonanie uprawy przedsiewnej w różnych okresach dnia, a ściślej rzecz ujmując, w nocy. Nie od dzisiaj wiadomo, że uprawa gleby w nocy, czy też w warunkach zaciemnienia, powoduje zmniejszenie zachwaszczenia poprzez redukcję liczby skielkowanych nasion chwastów (Thun 1995, Doroszewski 1999). Reakcje nasion na światło są w pierwszym rzędzie wynikiem działania fitochromu reagującego na natężenie światła i na długość dnia. Mechanizm fitochromowy ukształtowany został niewątpliwie w toku długotrwałej ewolucji, a wykorzystywany jest przez rośliny (a właściwie nasiona) m.in. do optymalizacji reprodukcji. Dzięki temu spełnia rolę „obserwatora” zmieniającego się środowiska, który decyduje o rozpoczęciu lub zatrzymaniu kiełkowania nasion w zależności od warunków świetlnych (tzw. zjawisko fotoblastyzmu). Część gatunków jest fotoblastycznie dodatnia, czyli reaguje na impuls świetlny szybkim kiełkowaniem. Przykładem mogą być nasiona takich chwastów, jak: szczaw kędzierzawy (*Rumex crispus*), rdest ptasi (*Polygonum aviculare*), kurzyśląd polny (*Anagallis arvensis*), rzodkiewnik pospolity (*Arabidopsis thaliana*), uczep trójlistkowy (*Bidens tripartita*), miłek wiosenny (*Adonis vernalis*), miotła zbożowa (*Apera spica-venti*), iglica pospolita (*Erodium cicutarium*), mniszek pospolity (*Taraxacum officinale*) czy przetacznik polny (*Veronica arvensis*) (Milberg i in. 1996, Woźnica 2008).

Wykonanie zabiegów mechanicznych tylko nocą może spowodować spadek liczebności nasion chwastów kiełkujących w wyniku impulsu świetlnego, ale równocześnie może spowodować wzrost liczby gatunków rozmnażających się wegetatywnie lub kiełkujących nocą. Dlatego zaleca się, aby ostatni zabieg przedsięwzięty wykonany był nie wcześniej niż 1 h po zachodzie słońca lub nie później niż 1 h przed wschodem słońca. Pamiętajmy również i o tym, że uprawa roli nocą lub w zaciemnieniu nie ogranicza glebowego banku nasion, a jedynie przesuwają w czasie proces kiełkowania nasion (Grzesiuk i Kulka 1981, Buhler 1997, Doroszewski 2007).

**Zespół uprawek pielęgnacyjnych** – można określić go jako wszelkie czynności, które mają na celu zniszczenie chwastów. Ich wykonywanie zazwyczaj rozpoczyna się od momentu siewu rośliny uprawnej i może trwać aż do chwili jej zbioru.

Zabiegi pielęgnacyjne zależą w dużym stopniu od zastosowanej technologii uprawy i konkretnych gatunków roślin. Inne narzędzia będą wykorzystywane do pielęgnacji roślin wysiewanych w wąskich rzędach (np. zboża), a jeszcze inne w roślinach wysiewanych (wysadzanych) w szerokie międzyrzędzia (np. kukurydza, buraki, ziemniak, warzywa) (Dobrzański i Adamczewski 2009a, Zbytek 2009).

Jednym z najbardziej przydatnych narzędzi do pielęgnacji roślin wysiewanych w wąskie międzyrzędzie (głównie zbóż) jest brona chwastownik jednosegmentowa lub wielosegmentowa. Kilkakrotne bronowanie chwastownikiem niszczy od 50 do 80% chwastów rocznych. Zabieg ten można przeprowadzać przed wschodami zbóż, do fazy szpilkowania oraz po wschodach (faza 3 liścia), aż do początku strzelania w źdźbło (Zbytek 2009). Zdecydowanie łatwiej jest wykonywać uprawki pielęgnacyjne w roślinach sianych czy sadzonych w szerokich międzyrzędziach, gdyż pielęgnacja rozpoczyna się w momencie, gdy chwasty osiągną wysokość około 3 cm (1–2 pary liści właściwych), a roślina uprawna jest już na tyle duża, że nie występuje ryzyko jej uszkodzenia czy zasypiania. Najczęściej do usuwania chwastów z międzyrzędzi stosuje się narzędzia bierne w postaci pielników, które mogą być wyposażone w różnego rodzaju bierne elementy robocze, tj. dłuta, noże kątowe, gęsiostopki, zęby sprężynowe, zgrzebła, wałki strunowe oraz korpusy obsypujące. Skuteczność takich pielników może dochodzić nawet do 90% (Zbytek 2009).

Oczywiście zdecydowanie lepiej i wydajniej pracują narzędzia z aktywnymi elementami roboczymi. Najczęściej są to glebogryzarki międzyrzędowe lub pielniki szczotkowe, palcowe, koszykowe lub pielniki o sztywnych zębach z pionową lub poziomą osią obrotu. Zaletą tego typu narzędzi jest to, że podczas jednego przejazdu roboczego uzyskuje się wysoką skuteczność w ograniczaniu zachwaszczenia (nawet do 99%). Przy tego typu pielęgnacji należy pamiętać jednak o jednej, ale podstawowej zasadzie, a mianowicie, wszystkie zabiegi należy wykonywać przed zwarciem łąnu lub pełnym zacienieniem międzyrzędzi, gdyż późniejsze wykonywanie zabiegów pielęgnacyjnych najczęściej prowadzi do uszkodzenia rośliny uprawnej (Dobrzański i Adamczewski 2009a, Zbytek 2009, Feledyn-Szewczyk 2023).

## Metoda fizyczna

Metoda fizyczna polega na wykorzystaniu niektórych rodzajów energii (np. ciepłej, elektrycznej, słonecznej) do walki z chwastami (Vincent i in. 2001, Woźnica 2008). Najszersze zastosowanie znalazła metoda termiczna wykorzystująca energię ciepłą. Przykładem może być parowanie gleby za pomocą mobilnego parownika, który włącza parę wodną do wierzchniej warstwy gleby (do 10 cm), podnosząc jej temperaturę do poziomu w granicach 70–90°C, co prowadzi do unieszkodliwienia większości agrofagów, w tym również nasion chwastów (Dobrzański i Adamczewski 2009a).

Kolejnym przykładem może być wykorzystanie bezpośredniego działania otwartego płomienia (np. miotacza płomieniowego, wypalarki płomieniowej) lub promieniowania podczerwonego powstającego podczas nagrzewania się elementów grzejnych, tj. płyty ceramicznej lub siatki stalowej, do niszczenia nasion w glebie (warstwa 0–2 cm) lub chwastów w międzyrzędziach. Urządzenia te pozwalają na niszczenie chwastów jeszcze przed siewem czy sadzeniem, po siewie rośliny uprawnej, ale przed jej wschodami oraz w międzyrzędziach po wschodach lub posadzeniu rośliny uprawnej, pamiętając o zamocowaniu osłon chroniących rzędy (Dobrzański i Adamczewski 2009a).

Innym przykładem może być metoda, która wykorzystuje działanie energii słonecznej. Polega ona na przykryciu powierzchni gleby (np. międzyrzędzi lub części pola) przezroczystą plastikową folią, wskutek czego następuje podniesienie temperatury gleby do ok. 50–60°C. W dłuższej perspektywie czasowej prowadzi to do zniszczenia nasion oraz siewek chwastów w wyniku „zaparzenia”. Zabieg ten wykorzystywany jest głównie w krajach tzw. południowych (np. Włochy, Hiszpania, Izrael), w których występuje w ciągu dnia bardzo silna operacja słoneczna (Dobrzański i Adamczewski 2009a, de Cara García i Michel 2020).

Ponadto czynione są próby wykorzystania innych metod, czasami bardzo futurystycznych. Przykładem może być metoda elektryczna wykorzystująca prąd elektryczny o wysokim napięciu i mocy, metoda wydmuchiwania wykorzystująca sprężone powietrze, czy też metody bazujące na promieniowaniu mikrofalowym, elektromagnetycznym czy laserowym. Niektóre z tych metod wydają się być perspektywiczne inne już nie, jednak aby mogły być użyte na szerszą skalę, muszą wyjść poza strefę badań podstawowych i zostać włączone do szerokiej praktyki rolniczej (Dobrzański i Adamczewski 2009a).

## Metoda biologiczna

Metoda biologiczna polega na wykorzystywaniu różnych organizmów żywych zarówno roślinnych, jak i zwierzęcych do ograniczania populacji agrofagów (np. chwastów). Jej głównym celem jest zredukowanie populacji oraz ograniczenie



konkurencji określonego agrofagu (np. chwastów) do takiego poziomu, który byłby akceptowalny dla plantatora z ekonomicznego punktu widzenia.

Największe praktyczne znaczenie w biologicznym zwalczaniu chwastów mają naturalni wrogowie w postaci owadów, grzybów, promieniowców, bakterii lub wirusów (Waterhouse i Norris 1987, Landell-Mills i in. 1989, Watson 1999, Boczek i in. 2014, Cholaĳda i in. 2021).

Przykładem może być chrząszcz z gatunku *Chrysolina quadrigemina*, który został wykorzystany do ograniczenia populacji dziurawca zwyczajnego (*Hypericum perforatum*) oraz inny owad *Rhinocyllus conicus*, który zmniejszył liczebność ostu zwisłego (*Carduus nutans*) średnio o blisko 90% (Kochman i Węgorzek 1997, Woźnica 2008). Komercyjne wykorzystanie owadów do ograniczania populacji różnych gatunków chwastów jest najbardziej rozpowszechnione w USA i Kanadzie. Przykładem może być wilczomlecz lancetowaty (*Euphorbia esula*), który został ograniczony dzięki wprowadzeniu do środowiska owadów *Aphthona nigricutis* i *A. lacertosa*, które intensywnie żerują na jego korzeniach. Kolejnym przykładem może być ograniczenie liczebności starca jakubka (*Senecio jacobaea*) przez owada *Longitarsus jacobaea* czy szczwołu plamistego (*Conium maculatum*) przez *Agnopterix alstroemeriana* (Kochman i Węgorzek 1997, Woźnica 2008).

W metodzie biologicznej na skalę przemysłową do walki z różnymi agrofagami (np. chwastami) wykorzystywane są również inne czynniki biologiczne, tj. allelopatyny roślinne, przetrwalniki grzybów czy bakterii. Przykładem udanego wykorzystania bakterii, grzybów czy swoistych substancji roślinnych są bioherbicydy, np. alleloherbicydy czy mykoherbicydy (Duke 1986, Putnam 1988, Sobótka 1996 i 1997, Duke i in. 2000 i 2002, Saxena i Pandey 2001, Vyvyan 2002, Macias i in. 2004, Hallett 2005, Khan i in. 2005, Stokłosa 2006, Duke i Copping 2007, Chutia i in. 2007, Sekutowski 2010, Cholaĳda i in. 2021).

### Alleloherbicydy

Alleloherbicydy są naturalnymi środkami biologicznymi, które swoje potencjalne działanie fitotoksyczne zawdzięczają wyizolowanym z roślin czy mikroorganizmów glebowych związkom chemicznym. Źródłem naturalnych substancji chemicznych posiadających właściwości fitotoksyczne są w większości przypadków aktywne metabolity wtórnej przemiany materii roślin, jak i mikroorganizmów (Sobótka 1996, 1997, Wójcik-Wojtkowiak i in. 1998, Saxena i Pandey 2001, Vyvyan 2002, Gniazdowska i in. 2004, Hallett 2005, Stokłosa 2006, Jasicka-Misiak 2009, Cholaĳda i in. 2021).

Jednym z takich naturalnych herbicydów są produkty Argold i Cinch, które w swoim składzie jako substancję aktywną zawierają syntetyczną cinmetylinę. Substancja ta jest składnikiem olejków eterycznych wielu gatunków roślin (np. *Ruta graveolus*, *Salvia officinalis*, *Mentha piperita*, *Piper cubeba*, *Hyssopus officinalis*, *Juniperus communis*). Działanie cinmetyliny polega na hamowaniu procesu bio-

syntezy aminokwasów w roślinach, co w konsekwencji doprowadza do zakłócenia procesu produkcji białek. Alleloherbicydy Argold oraz Cinch wykorzystywane są do zwalczania chwastów jednoliściennych w różnych uprawach rolniczych (Sobótka 1996, Wójcik-Wojtkowiak i in. 1998, Duke i in. 2000, 2002, Gniazdowska i in. 2004, Jasicka-Misiak 2009).

Następnym związkiem otrzymywanym na drodze fermentacji z promieniowców *Streptomyces hygroscopicus* i *S. viridochromogenes* jest tripeptyd bialafos, który jest substancją czynną (s.cz.) biopreparatu Meiji Herbiace. Mechanizm działania tej substancji polega na hamowaniu aktywności syntetazy glutaminowej, co w dłuższej perspektywie czasowej prowadzi do odbarwienia liści (chlorozy i nekrozy). Preparaty z tej grupy chemicznej są nieselektywnymi środkami zwalczającymi większość gatunków chwastów zarówno jedno-, jak i dwuliściennych (Sobótka 1996, Wójcik-Wojtkowiak i in. 1998, Duke i in. 2000, 2002, Saxena i Pandey 2001, Vyvyan 2002, Gniazdowska i in. 2004, Praczyk i Skrzypczak 2004, Woźnica 2008, Jasicka-Misiak 2009).

Nieco inną grupę alleloherbicydów stanowią triketony, związki będące pochodnymi leptospermonu, substancji produkowanej przez roślinę *Callistemon citrinus* (krzew – kuflik cytrynowy). Triketony są inhibitorami enzymu biorącego udział w biosyntezie karotenoidów i plastochinonu (HPPD). Powodują hamowanie procesu biosyntezy karotenoidów, wynikiem czego jest utrata osłony, która chroni cząsteczki chlorofilu przed niebezpiecznymi promieniami UV i nadmiarem światła. Następuje szybki rozkład chlorofilu, co objawia się wystąpieniem białych plam na liściach chwastów (tzw. bielenie liści). Preparaty z tej grupy chemicznej stosowane są w uprawie kukurydzy do zwalczania chwastnicy jednostronnej (*Echinochloa crus-galli*) i niektórych gatunków dwuliściennych (Dayan i in. 2000, Gniazdowska i in. 2004, Praczyk i Skrzypczak 2004, Duke i Copping 2007, Woźnica 2008, Jasicka-Misiak 2009).

## Bioherbicydy

Bioherbicydy są środkami biologicznymi wykorzystującymi naturalne właściwości mikroorganizmów żywych: bakterii, grzybów czy pierwotniaków do niszczenia konkretnych gatunków chwastów. W literaturze spotyka się również pojęcie mykoherbicydów, które jest zawężeniem pojęcia bioherbicydów, gdyż odnosi się tylko do grzybów, a właściwie ich zarodników, które są wykorzystywane jako substancja czynna (s.cz.) preparatu do niszczenia różnych gatunków chwastów. W porównaniu z roślinami wyższymi mikroorganizmy (np. grzyby, pierwotniaki czy bakterie) stanowią bogatsze źródło związków fitotoksycznych, które mogą być wykorzystane jako bioherbicydy (Saxena i Pandey 2001, Hallett 2005, Chutia i in. 2007, Cholaĳda i in. 2021).

Niektóre rośliny, grzyby czy bakterie mogą stanowić cenne źródło do produkcji biopreparatów. Przykładem mogą być: bakteria *Xanthomonas campestris* wyko-

rzystywana do zwalczania wiechliny rocznej (*Poa annua*) oraz zaślazu pospolitego (*Abutilon theophrasti*), zarodniki grzyba *Colletotrichum gloeosporioides* do niszczenia ślazu drobnokwiatowego (*Malva pusilla*) czy *Colletotrichum coccodes* do zwalczania zaślazu pospolitego (*Abutilon theophrasti*) lub *Alternaria destruens* szczep 059 do ograniczania półpasożyta kanianki (*Cuscuta* spp.), zarodniki *Sclerotinia sclerotiorum* do zwalczania ostrożnia polnego (*Cirsium arvense*) w zbożach czy jaskra ostrego (*Ranunculus acris*) na pastwiskach oraz *Puccinia suaredus* do ograniczania wzrostu ostrożnia polnego (*Cirsium arvense*) czy *Ustilago trichophora* do redukcji populacji chwastnicy jednostronnej (*Echinochloa crus-galli*) (Sobótka 1996, 1997, Saxena i Pandey 2001, Duke i in. 2002, Stokłosa 2006, Cholajda i in. 2021).

### Inne czynniki biologiczne (żywe)

W bardzo specyficznych warunkach mogą być wykorzystywane inne niż wyżej wymienione czynniki biologiczne pod postacią „roślinożerców”, takich jak: ryby do zwalczania wodnych chwastów, ptaki czy nawet niektóre ssaki do ograniczenia występowania różnych gatunków chwastów. Za przykład może posłużyć amur biały (*Ctenopharyngodon idella*), skutecznie wykorzystywany do redukcji populacji rośliny wodnej przesiąkra okółkowego (*Hydrilla verticillata*), która bardzo silnie zachwaszcza zbiorniki z wodą stojącą. Innym przykładem może być „odchwaszczanie” plantacji jagodników porośniętych wiechliną roczną (*Poa annua*) za pomocą niektórych gatunków ptaków, tj. gęsi czy kaczek. Natomiast niektórzy farmerzy amerykańscy na swoich pastwiskach wykorzystują kozy angorowe do ograniczania populacji bardzo groźnego (bo trującego) chwastu wilczomleczka lancetowatego (*Euphorbia esula*) (Woźnica 2008).

### Herbicydy organiczne (tzw. zielone)

Przytoczone przykłady zastosowania różnych czynników biologicznych nie wyczerpują oczywiście możliwości wykorzystania innych związków czy substancji organicznych. W niektórych krajach anglosaskich, np. w USA, Kanadzie i Nowej Zelandii, prowadzone są na szerszą skalę badania, w których wykorzystuje się tzw. herbicydy organiczne (ang. *organic herbicides*) lub tzw. herbicydy zielone (ang. *green herbicides*) (James i in. 2002, Ferguson 2004, James i Rahman 2005, Webber i in. 2012).

Herbicydy te można zdefiniować jako środki, które zawierają w swoim składzie naturalną organiczną substancję czynną (np. gluten kukurydziany, wytloki z gorczycy, kwas octowy, cytrynowy, pelargonowy, kaprylowy, olejek goździkowy, eukaliptusowy, cytrynowy, cynamonowy, kukurydziany, sojowy, czosnkowy czy laurylosiarczan sodu) wykorzystywaną najczęściej do nieselektywnego (w mniejszym stopniu do selektywnego) niszczenia chwastów. Substancje te stosowane są również do ograni-



czania wzrostu i rozwoju lub do desykcji niektórych roślin uprawnych. Podobnie jak klasyczne herbicydy syntetyczne można je stosować przedwsochodowo oraz powschodowo (Wyszukiwarka środków ochrony roślin, Tworkoski 2002, Batish i in. 2004, Chase i in. 2004, Cox 2005, Coleman i Penner 2008, Abouziena i in. 2009, Barker i Prostack 2009, Penner i in. 2011, Pujisiswanto i in. 2013, Kardasz i in. 2017).

### Stosowane przedwsochodowo

CGM – gluten kukurydziany (ang. *Corn Gluten Meal*) jest produktem ubocznym procesu mielenia ziaren kukurydzy na mokro. Jego inhibicyjne, nieselektywne działanie polega na hamowaniu procesu kiełkowania niektórych gatunków chwastów, tj. mietlic (*Agrostis* sp.), paluszników (*Digitaria* sp.), włośnic (*Setaria* sp.), gorczycy polnej (*Sinapis arvensis*), psianki czarnej (*Solanum nigrum*), komosy białej (*Chenopodium album*) czy szarłatu szorstkiego (*Amaranthus retroflexus*) (Cox 2005, Abouziena i in. 2009, Pfeiffer 2012, Sekutowski 2018).

MSM – ekstrakt z wyłoków z gorczycy (ang. *Mustard Seed Meal*) jest produktem ubocznym powstałym podczas procesu wyłaczania oleju z gorczycy na zimno. Jego inhibicyjne, nieselektywne działanie polega na hamowaniu kiełkowania niektórych gatunków chwastów, tj. włośnicy zielonej (*Setaria viridis*), chwastnicy jednostronnej (*Echinochloa crus-galli*), owsa głuchego (*Avena fatua*), mlecza zwyczajnego (*Sonchus oleraceus*), babki lancetowatej (*Plantago lanceolata*), gwiazdnicy pospolitej (*Stellaria media*), komosy białej (*Chenopodium album*) czy szarłatu szorstkiego (*Amaranthus retroflexus*) (Pfeiffer 2012, Webber i in. 2012, Wang i in. 2015, Sekutowski 2018).

### Stosowane powschodowo

Vinegar – ocet/kwas octowy (ang. *Acetic acid*) jest produktem fermentacji octowej alkoholu z winogron, jabłek czy ryżu. Inhibicyjne, nieselektywne działanie 30% roztworu kwasu octowego polega na ograniczaniu wzrostu części zielonych niektórych gatunków chwastów, tj. mietlicy (*Agrostis* sp.), palusznika (*Digitaria* sp.), włośnicy zielonej (*Setaria viridis*), gorczycy polnej (*Sinapis arvensis*), psianki czarnej (*Solanum nigrum*), komosy białej (*Chenopodium album*) oraz szarłatu szorstkiego (*Amaranthus retroflexus*) (Abouziena i in. 2009, Pfeiffer 2012, Webber i in. 2012, Sekutowski 2018).

Clove oil – olejek goździkowy (np. Matratec, Matran EC) jest to olejek eteryczny pozyskiwany z czapетки pachnącej (*Syzygium aromaticum*), gatunku drzewa z rodziny mirtowatych (Myrtaceae). Głównym składnikiem oleju jest organiczny związek chemiczny eugenol z grupy terpenów. Inhibicyjne, nieselektywne działanie 50% olejku goździkowego polega na ograniczaniu wzrostu niektórych gatunków chwastów, tj. gorczycy polnej (*Sinapis arvensis*), ambrozji bylicolistnej (*Ambrosia artemisiifolia*) czy komosy białej (*Chenopodium album*) (Abouziena i in. 2009, Pfeiffer 2012, Webber i in. 2012, Sekutowski 2018).

Citrus oil (d-limonene) – olejek cytrynowy (np. Green Match) jest to olejek eteryczny pozyskiwany na zimno ze świeżych skórek owoców drzewa cytrynowego (*Citrus limon*). Inhibycyjne, nieselektywne działanie 50% olejku cytrynowego polega na ograniczaniu wzrostu i zasychaniu tkanek zielonych (w wyniku odwodnienia) niektórych gatunków chwastów, tj. czosnaczku pospolitego (*Alliaria petiolata*), mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale*) czy sumaka jadowitego (*Toxicodendron pubescens*) (Pfeiffer 2012, Webber i in. 2012, Johnson i Davis 2014, Sekutowski 2018).

Kw. nonanowy/pelargonowy (np. Atut Hobby, Beloukha 680 EC, Effect 24 H 680 EC, Herbikill Green, Randacol 680 EC, Randil Fast 680 EC) – uzyskiwany jest w procesie ekstrakcji oleju rzepakowego. Ten organiczny związek zaliczany do kwasów karboksylowych wykazuje działanie kontaktowe (nieselektywne), jest zalecany do desykcji lub(i) do zwalczania chwastów jedno- i dwuliściennych oraz mchów, glonów czy odrostów korzeniowych drzew owocowych. Herbicydy zawierające w swoim składzie kwas nonanowy powodują obumieranie zielonych części mających bezpośredni kontakt ze środkiem. Chwasty wrażliwe na działanie kwasu nonanowego to: chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli*), kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*), gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*), jasnota purpurowa (*Lamium purpureum*), jasnota różowa (*Lamium amplexicaule*), komosa biała (*Chenopodium album*), komosa wielkolistna (*Chenopodium hybridum*), krwawnik pospolity (*Achillea millefolium*), mniszek pospolity (*Taraxacum officinale*), przetacznik perski (*Veronica persica*), rdestówka powojowata (*Fallopia convolvulus*), rumianek pospolity (*Matricaria chamomilla*), szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus*), tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris*) oraz wyka kosmata (*Vicia villosa*). Natomiast wrażliwe gatunki mchów to: mokradłoszka zaostrzona (*Calliargonella cuspidata*), skrętek wilgociomierczy (*Funaria hygrometrica*), krótkosz pospolity (*Brachythecium rutabulum*), rókiet cyprysowaty (*Hypnum cupressiforme*) i fałdownik nastroszony (*Rhytidiadelphus squarrosus*) (Wyszukiwarka środków ochrony roślin, Pfeiffer 2012, Johnson i Davis 2014, Kardasz i in. 2017).

### Podsumowanie

Nadmierne i nieracjonalne stosowanie syntetycznych środków ochrony roślin (ś.o.r.) doprowadziło do pojawienia się niepokojących zjawisk, tj. zanieczyszczenia gleby, wód gruntowych czy produktów żywnościowych, pozostałościami substancji czynnych (s.cz.) herbicydów. Ponadto spowodowało wystąpienie na niektórych plantacjach bardzo negatywnego zjawiska, tzw. kompensacji herbicydowej. Pokłosiem tego jest gwałtowny wzrost liczby biotypów chwastów odpornych na działanie niektórych syntetycznych substancji czynnych (s.cz.) herbicydów. Poza tym sukcesywne wycofywanie substancji czynnych (s.cz.) niektórych herbicydów oraz ograniczenie zużycia środków ochrony roślin (ś.o.r.) sprawia, że skuteczna walka z chwastami jest i nadal będzie trudnym zadaniem i chociaż obecnie zalecana jest integracja różnych metod

(z naciskiem na biologiczne), to wypracowywanie skutecznej regulacji zachwaszczenia z wykorzystaniem kilku metod niechemicznych wciąż jest procesem czasochłonnym, wymagającym dużej wiedzy od plantatora i posiadania odpowiedniego parku maszynowego. Stąd też coraz częściej na większą skalę czynione są próby zastępowania syntetycznych substancji czynnych (s.cz.) herbicydów innymi alternatywnymi substancjami, związkami organicznymi, organizmami czy metodami niechemicznymi.

Wraz z postępem biotechnologicznym i dalszym jego dynamicznym rozwojem zapewne powstaną w najbliższym czasie nowe metody i biopreparaty, dzięki którym uzyskamy dostęp do żywności zdrowej, bezpiecznej i bardzo wysokiej jakości. Aby jednak stało się to możliwe, potrzebne są olbrzymie nakłady finansowe, wiedza naukowo-praktyczna i czas.

Trzeba jednak zaznaczyć, że praktycznie nie ma już możliwości odwrotu od proekologicznego podejścia do rolnictwa. Dlatego tak istotne jest szybkie wdrażanie metod alternatywnych (niechemicznych), które będą przyjazne dla agrofitycenozy, plantatorów i oczywiście konsumentów.

## Literatura

1. A b o u z i e n a H.F.H, O m a r A.A.M., S h a r m a S.D., S i n g h M.: Efficacy comparison of some new natural product herbicide for weed control at two growth stages. *Weed Technology*, 2009, **23**: 431-437.
2. A d a m c z e w s k i K.: Zalety i wady chemicznego zwalczania chwastów. *Materiały 28. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin*, 1988, cz.1: 95-109.
3. A d a m c z e w s k i K.: Rozwój metod zwalczania i perspektywy ograniczania chwastów. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2000, **40(1)**: 101-112.
4. A d a m c z e w s k i K.: Odporność chwastów na herbicydy. *Wyd. Naukowe PWN, Warszawa*, 2014, ss. 276.
5. A d a m c z e w s k i K., D o b r z a ń s k i A.: Regulowanie zachwaszczenia w integrowanych programach uprawy roślin. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 1997, **37(1)**: 58-65.
6. A d a m c z e w s k i K., W o ź n i c a Z.: Nowe możliwości zwalczania chwastów. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 1991, **31(1)**: 98-109.
7. A l d r i c h R.J.: Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. *Podstawy zwalczania chwastów*. Wyd. TChIE, Opole, 1997, ss. 461.
8. B a r k e r A.V., P r o s t a k R.G.: Alternative management of roadside vegetation. *HortTechnology*, 2009, **19(2)**: 346-352.
9. B a r n e s J.P., P u t n a m A.R.: Rye residues contribute weed suppression in no-tillage cropping systems. *Journal of Chemical Ecology*, 1983, **9(8)**: 1045-1057.
10. B a t i s h D.R., S e t i a N., S i n g h H.P., K o l i R.K.: Phytotoxicity of lemon-scented gum oil and its potential use as a bioherbicide. *Crop Protection*, 2004, **23**: 1209-1214.
11. B o c z e k J., G a w r o ń s k i S., P r u s z y ń s k i S.: Biologiczne metody zwalczania chwastów: możliwości i praktyka. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, 2014, **2**: 66-73.
12. B u h l e r D.D.: Effects of tillage and light environment on emergence of 13 annual weeds. *Weed Technology*, 1997, **11**: 496-501.

13. Chase C.A., Scholberg J.M., MacDonald G.E.: Preliminary evaluation of nonsynthetic herbicides for weed management in organic orange production. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 2004, **117**: 135-138.
14. Chłopek K., Dąbrowska-Zapart K., Tokarska-Guzik B.: An assessment of the *Ambrosia* L. pollen threat at a regional scale using the example of the town of Sosnowiec (Silesian Uplands, Poland). Acta Agrobotanica, 2011, **64(2)**: 51-62.
15. Chojajda K., Matysiak K., Kierzek R., Krzymińska J.: Biologiczne zwalczanie chwastów – perspektywy i ograniczenia. Progress in Plant Protection, 2021, **61(2)**: 103-112.
16. Chutia M., Mahanta J.J., Bhattacharyya N., Bhuyan M., Boruah P., Sarma T.C.: Microbial herbicides for weed management: prospects, progress and constraints. Plant Pathology Journal, 2007, **6(3)**: 210-218.
17. Coleman R., Penner D.: Organic acid enhancement of pelargonic acid. Weed Technology, 2008, **22(1)**: 38-41.
18. Cox C.: Corn gluten meal – a natural lawn care herbicide. Journal of Pesticide Reform, 2005, **25(4)**: 6-7.
19. Dayan F.E., Romagni J.E., Duke S.O.: Investigating the mode of action of natural phytotoxins. Journal of Chemical Ecology, 2000, **26(9)**: 2079-2094.
20. de Cara Garcia M., Michel V.: (Bio) solaryzacja: informacje praktyczne, 2020, ss. 3. [https://orgprints.org/id/eprint/40038/14/pl-biosolaryzacja\\_%20informacje%20praktyczne.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/40038/14/pl-biosolaryzacja_%20informacje%20praktyczne.pdf) [21.05.2024]
21. Dobrzański A.: Biologiczne i agrotechniczne aspekty regulowania zachwaszczenia. Ekspertyza współfinansowana przez UE. Agrotechnologia dla rozwoju zrównoważonego rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i obszarów wiejskich. Wyd. IW Skierniewice, 2009, ss. 24.
22. Dobrzański A.: Reakcja nasion chwastów segetalnych na uprawę roli wykonywaną nocą. Postępy Nauk Rolniczych, 2011, **2**: 9-19.
23. Dobrzański A., Adamczewski K.: Niechemiczne metody zwalczania chwastów – stan obecny i perspektywy. Ekspertyza współfinansowana przez UE. Agrotechnologia dla rozwoju zrównoważonego rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i obszarów wiejskich. Wyd. IOR Poznań, 2009a, ss. 29.
24. Dobrzański A., Adamczewski K.: Wpływ walki z chwastami na bioróżnorodność agrofitycenozy. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2009b, **49(3)**: 982-995.
25. Domaszk A.H.: Chwasty i ich zwalczanie. Wyd. PWRiL, Warszawa 1980, ss. 139.
26. Domaradzki K., Snopczyński T., Jezierska-Domaradzka A.: Zaślaz pospolity (*Abutilon theophrasti* Medik.), nowy groźny chwast upraw polowych – charakterystyka, występowanie i możliwości zwalczania. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2008, **48(2)**: 567-574.
27. Doroszewski A.: Możliwości zastosowania uprawy nocnej w walce z chwastami. Biuletyn Informacyjny IUNG, 1999, **10**: 22-23.
28. Doroszewski A.: Napromienienie słoneczne jako czynnik regulujący kiełkowanie nasion *Oenothera rubricaulis* Klebahn. Pamiętnik Puławski, 2007, **144**: 55-69.
29. Duke S.O.: Naturally occurring chemical compounds as herbicides. Reviews of Weed Science, 1986, **2**: 15-44.
30. Duke S.O., Dayan F.E., Rimando A.M., Schrader K.K., Aliotta G., Oliva A.: Chemicals from nature for weed management. Weed Science, 2002, **50**: 138-151.
31. Duke S.O., Dayan F.E., Romagni J.G., Rimando A.M.: Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. Weed Research, 2000, **40**: 99-111.
32. Duke S.O., Copping L.G.: Review natural products that have been used commercially as crop protection agents. Pest Management Science, 2007, **63(6)**: 524-554.
33. Dziągwa M., Sekutowski T.: Kompost – czyli coś z niczego. Ekonatura, 2012, **10(107)**: 20-24.
34. Dziężyk J.: Zwalczanie chwastów. Wyd. PWRiL, Warszawa, 1962, ss. 233.

35. Feledyn-Szewczyk B. Niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia w zbożach uprawianych w systemie ekologicznym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2023, **70(24)**: 75-87.
36. Ferguson J.: Evaluation of organic herbicides. *HortScience*, 2004, **39(4)**: 876.
37. Głowacka A.: Wpływ współrzędnej uprawy pasowej na zachwaszczenie pszenicy jarej. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, 2009, sect. E, **64(4)**: 114-121.
38. Głowacka A.: Wpływ współrzędnej uprawy pasowej na zachwaszczenie kukurydzy pastewnej. *Acta Agrophysica*, 2007, **10(3)**: 573-582.
39. Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R.: Allelopatia – nowe interakcje oddziaływań pomiędzy roślinami. *Kosmos*, 2004, **53(2)**: 207-217.
40. Grabiński J.: *Studia nad potencjałem allelopatycznym zysa ozimego*. Monografie i Rozprawy Naukowe Wyd. IUNG-PIB, Puławy, 2006, **16**: 7-59.
41. Grzesiuk S., Kulka K.: *Fizjologia i biochemia nasion*. Wyd. PWRiL, Warszawa 1981, ss. 606.
42. Hallett S.G.: Where are the bioherbicides? *Weed Science*, 2005, **53**: 404-415.
43. Houben S., Brinks H., Salomons J., de Cara M., Thorsted M.D., Michel V., Molendijk L., Schlathoelter M.: Crop rotation: practical information. 2020, ss. 6. [https://orgprints.org/id/eprint/43540/16/PL\\_zmianowane;%20informacje%20praktyczne.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/43540/16/PL_zmianowane;%20informacje%20praktyczne.pdf) [21.05.2024]
44. James T.K., Rahman A.: Efficacy of several organic herbicides and glyphosate formulations under simulated rainfall. *New Zealand Plant Protection*, 2005, **58**:157-163.
45. James T.K., Rahman A., Trolove M., Frith H.: Efficacy of a certified organic herbicide based on pine essence. *New Zealand Plant Protection*, 2002, **55**: 207-212.
46. Jasiak-Misiak I.: Allelopatyczne właściwości metabolitów wtórnych roślin uprawnych. *Wiadomości Chemiczne*, 2009, **63(1-2)**: 39-62.
47. Johnson W.C., Davis J.W.: Pelargonic acid for weed control in organic *Vidalia* sweet onion production. *HortTechnology*, 2014, **24(6)**: 696-701.
48. Kaczmarek S.: Wykorzystanie potencjału allelopatycznego roślin w wybranych uprawach rolniczych. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2009, **49(3)**: 1502-1511.
49. Kaczmarek S., Sekutowski T.: Uprawa zbóż jarych w mieszankach sposobem ograniczenia presji chwastów. *Nasza Rola*, 2012, **2(4-5)**: 12-13.
50. Kardasz P., Bombrys M., Miziniak W., Kowalczyk A.: Reakcja nadziemnych organów vegetatywnych *Solanum tuberosum* L. na średniołańcuchowy kwas tłuszczowy (kwas nonanowy) aplikowany przy zastosowaniu różnych parametrów technicznych zabiegu. *Progress in Plant Protection*, 2017, **57(1)**: 88-94.
51. Khan M.A., Marwat K.B., Hassan G., Hussain Z.: Bioherbicidal effects of tree extracts on seed germination and growth of crops and weeds. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 2005, **11(3-4)**: 179-184.
52. Kita W., Pusz K., Pusz W.: Zaślaz pospolity (*Abutilon theophrasti* Medik.) – nowy, groźny chwast w buraku? *Ochrona Roślin*, 2003, **10**: 14-15.
53. Kochman J., Węgorzek W.: *Ochrona roślin*. Wyd. Pantpress, Kraków 1997, ss. 701.
54. Kowalska J., Pruszyński S. (red.): *Metody i środki proponowane do ochrony roślin w uprawach ekologicznych*. Wyd. IOR, Poznań, 2007, ss. 145.
55. Krężel R., Parylak D., Zimny L.: *Zagadnienia uprawy roli i roślin*. Wyd. Naukowe AR Wrocław, 1999, ss. 257.
56. Krzymuski J., Rola J., Rola H., Filipiak K.: Wyznaczanie progów szkodliwości chwastów za pomocą metod matematycznych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 1988, **349**: 67-77.
57. Kucharski M., Marczevska-Kolasa K., Rola H., Domaradzki K.: Odporność chwastów na herbicydy w świetle badań IUNG-PIB w latach 1999–2010. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2012, **28(2)**: 55-67.

58. Landell-Mills J., Longman D., Murray D. D.: Commercial prospects for biological and biotechnological weed, plant disease and pest control. The BCPC Conference Weeds, 1989, **3**: 1005-1012.
59. Macias F.A., Molinillo J.M.G., Oliveros-Bastidas A., Marin D., Chinchilla D.: Allelopathy. A natural strategy for weed control. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 2004, **69(3)**: 13-23.
60. Metodyki integrowanej ochrony roślin. <https://www.ior.poznan.pl/651,integrowana-ochrona-roslin> [21.05.2024]
61. Miklaszewska K., Pągowska E.: Problem roślinnych gatunków inwazyjnych w Polsce. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2007, **47(1)**: 84-87.
62. Milberg P., Andersson L., Noronha A.: Seed germination after short-duration light exposure: Implications for the photo-control of weeds. Journal of Applied Ecology, 1996, **33**: 1469-1478.
63. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Wpływ gęstości i terminu siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna odmian jęczmienia. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2004, **231**: 357-363.
64. Parylak D., Zawieja J., Jędruszczak M., Stupnica-Rodzynkiewicz E., Dąbkowska T., Snarska K.: Wykorzystanie zasiewów mieszanych, własności odmian lub zjawiska allelopatii w ograniczaniu zachwaszczenia. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2006, **46(1)**: 33-44.
65. Penner D., Coleman R., Michael J.: Novel formulations of an organic acid herbicide. Journal of ASTM International, 2011, **8(5)**:1-5.
66. Perez F.J., Ormeno-Nunez J.: Difference in hydroxamic acid content in roots and root exudates of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.): possible role in allelopathy. Journal of Chemical Ecology, 1991, **17(6)**: 1037-1043.
67. Pfeiffer M.: Green herbicides. Pesticide Training Resources, 2012, p. 1-2.
68. Piechota T., Dach J.: Zdolność kiełkowania diaspor chwastów przechowywanych w oborniku kompostowanym z napowietrzaniem i w warunkach składowania beztlenowego. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, 2007, sect. E, vol. **62(2)**: 177-184.
69. Platforma Sygnalizacji Agrofagów. <https://www.agrofagi.com.pl/10,signalizacja-agrofagow>, <https://www.ior.poznan.pl/1780,poradniki-sygnalizatora-ochrony> [21.05.2024]
70. Praczyk T., Skrzypczak G.: Herbicydy. Wyd. PWRiL, Poznań, 2004, ss. 274.
71. Przepiórkowski T., Górski S.F.: Influence of rye (*Secale cereale*) plant residues on germination and growth of three triazine-resistant and susceptible weeds. Weed Technology, 1994, **8(4)**: 744-747.
72. Pujiswanto H., Yudono P., Sulistyarningsih E., Sunarminto B.H.: Effect of acetic acid as pre-plant herbicide on maize germination. Journal of Agricultural and Biological Science, 2013, **8(10)**: 696-701.
73. Pusz W.: Zaślaz pospolity – 5 lat na polskich polach. Top Agrar, 2007, **12**: 70-71.
74. Putnam A.R.: Allelochemicals from plants as herbicides. Weed Technology, 1988, **2(4)**: 510-518.
75. Rola H., Domaradzki K., Kaczmarek S., Kapeluszny J.: Znaczenie progów szkodliwości w integrowanych metodach regulacji zachwaszczenia w zbożach. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2013, **53(1)**: 96-104.
76. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 31 maja 1990 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie kwarantanny roślin. Załącznik nr 1 Wykaz chorób, szkodników i chwastów, przeciw którym stosuje się kwarantannę roślin (Dz.U. 1990 nr 40, poz. 235).
77. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r., w sprawie terminów składania wniosków o dokonanie oceny polowej materiału siewnego poszczególnych grup roślin lub gatunków roślin rolniczych i warzywnych oraz szczegółowych wymagań w zakresie wytwarzania i jakości materiału siewnego tych roślin (Dz.U. 2013 nr 40, poz. 517).



78. Rudnicki F., Jaskulski D.: Ocena wzajemnego oddziaływania konkurencyjnego pomiędzy roślinami uprawnymi a chwastami w łanach. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 2006, **5(1)**: 45-52.
79. Saxena S., Pandey A.K.: Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2001, **55**: 395-403.
80. Sekutowski T.: Wpływ systemów uprawy na liczbę i występowanie nasion chwastów w glebie. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2009, **543**: 175-180.
81. Sekutowski T.: Alleloherbicydy i bioherbicydy – mit czy rzeczywistość?. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2010, **55(4)**: 84-90.
82. Sekutowski T.: Zielone herbicydy – czy do nich należy przyszłość? *Agro Impuls*, 2018, **9**: 8-9.
83. Sekutowski T.: Naturalny biorecykling. *Warzywa*, 2023, **7-8**: 19-23.
84. Sekutowski T., Hreniak M.: Nowy efemerofit – czy już zadowolił się na dobre? *Nasza Rola*, 2007, **2(9)**: 26.
85. Sobótka W.: Rola allelopatii w poszukiwaniach proekologicznych środków ochrony roślin. *Mat. Konf. Teoretyczne i praktyczne aspekty allelopatii*. Wyd. IUNG, Puławy, 1996, **K(10)**: 21-33.
86. Sobótka W.: Alleloherbicydy – wczoraj i dziś. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 1997, **37(1)**: 50-57.
87. Sobótka W.: Herbicydy – wczoraj i dziś. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 1999, **39(1)**: 218-223.
88. Stokłosa A.: Bioherbicydy i alleloherbicydy w walce z chwastami. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2006, **53(6)**: 41-52.
89. Świętowski B., Tołpa S.: Chwasty. Wyd. PIWR, Warszawa, 1950, ss. 180.
90. Świętowski B., Jabłoński B., Radomska M., Krężel R.: Ogólna uprawa roli i roślin. Wyd. PWRiL Warszawa, 1996, ss. 407.
91. Thun M.: Chwasty w świetle badań konstelacyjnych i homeopatycznych. Wyd. Otylia, Nakło, 1995, ss. 92.
92. Tokarska-Guzik B., Bzdęga K., Koszela K., Żabińska K., Krzuś B., Sajan M., Sendek A.: Allergenic invasive plant *Ambrosia artemisiifolia* L. in Poland: threat and selected aspects of biology. *Biodiversity Research and Conservation*, 2011, **21**: 39-48.
93. Tworkowski T.: Herbicide effects of essential oils. *Weed Science*, 2002, **50(4)**: 425-431.
94. Vincent C., Panneton B., Fleurat-Lessard F.: Physical control methods in plant protection. Springer, Berlin. Inra Editions, 2001, pp. 329.
95. Vyvyan J.R.: Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. *Tetrahedron*, 2002, **58(9)**: 1631-1646.
96. Wang X., Gu M., Niu G., Baumann P.A.: Herbicidal activity of mustard seed meal (*Sinapis alba* 'IdaGold' and *Brassica juncea* 'Pacific Gold') on weed emergence. *Industrial Crops and Products*, 2015, **77**: 1004-1013.
97. Waterhouse D.F.W., Norris K.R.: Biological Control: Pacific Prospects. Inkata Press, 1987, pp. 454.
98. Watson A.K.: Current advances in bioherbicide research. *The BCPC Conference Weeds*, 1989, **3**: 987-996.
99. Webber C.L., Shreffler J.W., Brandenberger L.P.: Organic weed control. In: *Herbicides – Environmental Impact Studies and Management Approaches*, R. Alvarez-Fernandez (ed.). InTech, 2012, **10**: 185-198.
100. Weber E., Gut D.: Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe. *Journal for Nature Conservation*, 2004, **12(3)**: 171-179.
101. Wesołowski M.: Wpływ gęstości siewu i poziomu agrotechniki na zachwaszczenie pszenicy jarej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2003, **490**: 293-301.

- 
102. Weston V.C.M.: The commercial realization of biological herbicides. The BCPC Conference Weeds, 1999, **1**: 281-288.
  103. Włodęk S., Biskupski A., Sekutowski T.: Prosto w mulcz. Rolnik Dzierżawca, 2012, **9(186)**: 82-84.
  104. Wójcik-Wojtkowiak D., Potylicka B., Weyman-Kaczmarkowa W.: Allelopatia. Wyd. AR, Poznań, 1998, ss. 91.
  105. Wóznica Z.: Herbologia. Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów. Wyd. PWRiL, Poznań, 2008, ss. 430.
  106. Wspólna Polityka Rolna po 2020 roku – Europejski Zielony Ład. <https://www.gov.pl/web/wprpo2020/europejski-zielony-lad> [21.05.2024]
  107. Wyszukiwarka środków ochrony roślin – zastosowanie. <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin-zastosowanie> [21.05.2024]
  108. Zarzeka K., Artych P.: Jak zwalczać perz właściwy? Ogrodnik Polski, 2004, **12**: 37.
  109. Zbytek Z.: Niechemiczne (mechaniczne) metody zwalczania chwastów dla produkcji ekologicznej. Ekspertyza współfinansowana przez UE. Agrotechnologia dla rozwoju zrównoważonego rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i obszarów wiejskich. Wyd. PIMR Poznań, 2009, ss. 23.
- 

Adres do korespondencji:

*dr inż. Tomasz R. Sekutowski*  
*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. 81 47 86 896*  
*e-mail: t.sekutowski@iung.wroclaw.pl*

---

AUTOR

Tomasz Sekutowski

ORCID

0000-0002-5176-337X





**Aleksandra Zajączkowska**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

WPŁYW ŁĄCZNEGO STOSOWANIA HERBICYDÓW  
Z BIOSTYMULATORAMI I NAWOZAMI MIKROELEMENTOWYMI  
NA ICH SKUTECZNOŚĆ I SELEKTYWNOŚĆ\*

**Słowa kluczowe:** herbicyd, biostymulator, nawozy mikroelementowe, selektywność, skuteczność, ochrona roślin, zrównoważone rolnictwo

### Wstęp

Optymalne zarządzanie agrochemikaliami w rolnictwie jest kluczowym elementem zrównoważonej produkcji rolnej oraz ochrony środowiska naturalnego. W obliczu wyzwań związanych z globalnymi zmianami klimatycznymi i wzrastającymi oczekiwaniami dotyczącymi bezpieczeństwa żywnościowego konieczne staje się wypracowanie strategii, które pozwolą osiągnąć wyższą efektywność produkcji rolnej przy minimalizacji negatywnych skutków dla środowiska i zdrowia publicznego (Lykogianni i in. 2021, Fu i in. 2022, González-Pérez i in. 2022). Efektywne wykorzystanie agrochemikaliów w uprawach rolnych wymaga precyzyjnego zaplanowania i świadomego podejścia do doboru, stosowania oraz monitorowania tych substancji (Du Jardin 2015). Kluczowymi elementami optymalnego zarządzania agrochemikaliami są:

- Racjonalne stosowanie substancji chemicznych: odpowiednie dozowanie agrochemikaliów oraz ich aplikacja w optymalnych momentach wzmacnia skuteczność w zwalczaniu szkodników, chwastów i chorób roślin, minimalizując jednocześnie ryzyko toksyczności dla ludzi i środowiska.
- Wybór substancji o niskiej toksyczności: preferowanie substancji o jak najmniejszym potencjale toksycznym dla ludzi i środowiska jest kluczowe dla minimalizacji negatywnych skutków stosowania agrochemikaliów.

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6.2. pt. „Monitorowanie uodparniania się agrofagów na środki ochrony roślin oraz tworzenie programów redukcji ryzyka” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2024 r.

- Bezpieczeństwo pracy i użytkowania: zapewnienie odpowiedniego przeszkolenia rolników oraz użytkowników agrochemikaliów w zakresie bezpiecznego stosowania i magazynowania tych substancji ma istotne znaczenie dla minimalizacji ryzyka związanego z ich użytkowaniem.
- Ochrona środowiska: optymalne zarządzanie agrochemikaliami powinno uwzględniać aspekty związane z minimalizacją zanieczyszczenia gleby, wód oraz emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją i stosowaniem agrochemikaliów.
- Zrównoważone wykorzystanie zasobów: promowanie praktyk rolniczych, które minimalizują negatywny wpływ na agroekosystemy oraz zachęcanie do efektywnego wykorzystania zasobów naturalnych, takich jak woda i gleba, jest istotne dla osiągnięcia zrównoważonej produkcji rolnej.

Optymalne zarządzanie agrochemikaliami w rolnictwie wymaga holistycznego podejścia, uwzględniającego aspekty ekonomiczne, środowiskowe i społeczne. Jest to niezbędne dla osiągnięcia zrównoważonej produkcji rolnej, która będzie sprzyjała nie tylko wydajności upraw, ale także ochronie środowiska i zdrowiu publicznemu.

Cel niniejszej pracy obejmuje zebranie i systematyzację literatury dotyczącej wpływu łączonego zastosowania herbicydów, biostymulatorów i nawozów mikroelementowych na efektywność produkcji rolnej oraz selektywność wobec roślin uprawnych.

### **Rola nawozów w uprawach rolnych**

Nowoczesne rolnictwo stoi obecnie przed wyzwaniami związanymi z utrzymaniem wysokiej jakości plonów przy minimalizowaniu negatywnego wpływu na środowisko. Kluczową rolę w zapewnieniu optymalnych warunków wzrostu i plonowania roślin odgrywają nawozy, zwłaszcza te zawierające mikroelementy (Pipiak i Skwarek 2020). Nawozy mikroelementowe są niezbędne dla roślin ze względu na ich istotny udział w wielu procesach metabolicznych oraz funkcjach fizjologicznych. Pierwiastki takie jak: bor, miedź, mangan, molibden, cynk i inne pełnią kluczowe funkcje w procesach metabolicznych, syntezie chlorofilu, regulacji wzrostu i rozwoju roślin, a także wpływają na ich odporność na stresy środowiskowe (Stanisławska-Głubiak i Korzeniowska 2007). Braki mikroelementów w roślinach prowadzą do zaburzeń wzrostu, obniżenia oraz pogorszenia jakości plonów. W związku z tym nawożenie mikroelementowe staje się coraz bardziej istotne, szczególnie w kontekście zmniejszania zawartości mikroelementów w glebach oraz zmian klimatycznych, które mogą dodatkowo wpływać na dostępność tych pierwiastków dla roślin (Sienkiewicz-Cholewa i Wróbel 2004, Stanisławska-Głubiak i Korzeniowska 2007). Współczesne rolnictwo, dążąc do zwiększenia ilości plonów oraz poprawy ich jakości i rentowności gospodarstw, zwraca szczególną uwagę na optymalne odżywianie roślin uprawnych. Aby zapewnić im właściwy wzrost i rozwój, konieczna jest dostępność odpowiednich składników mineralnych, zarówno makro-, jak i mikroelementów (Podleśna 2006).

W przeszłości nawozy mineralne były głównym źródłem składników pokarmowych dla roślin uprawnych. Obecnie dąży się jednak do precyzyjnego dostosowania nawożenia do indywidualnych warunków glebowych oraz potrzeb odmian roślin uprawnych. Nowoczesne nawozy mają za zadanie dostarczyć roślinom łatwo przyswajalne składniki pokarmowe w formie pojedynczych pierwiastków lub prostych związków organicznych (Podleśna 2006, Pipiak i Skwarek 2020). Rozwój nowych technologii prowadzi do wprowadzania na rynek coraz bardziej efektywnych rozwiązań, takich jak: nawozy zawieszinowe, chelatowane nawozy mikroelementowe oraz preparaty ciekłe zawierające stymulatory wzrostu roślin (Antonkiewicz i Łabętowicz 2017, Pipiak i Skwarek 2020). Dzięki temu rolnicy mają dostęp do narzędzi, które mogą wpłynąć pozytywnie na plonowanie i jakość upraw, przy jednoczesnym minimalizowaniu negatywnego wpływu na środowisko.

### **Rola biostymulatorów w uprawach rolnych**

Rola biostymulatorów w uprawach rolnych jest niezmiernie istotna i zróżnicowana. Badania naukowe wykazują, że biostymulatory mogą pełnić kilka kluczowych funkcji w procesach uprawowych (Rutkowska 2010, Knapik 2018). Przede wszystkim biostymulatory mogą stymulować rośliny do zwiększonej tolerancji na stres abiotyczny, co obejmuje ekstremalne warunki środowiskowe, takie jak susza (Radzikowska-Kujawska i in. 2022) czy zasolenie gleby (Campobenedetto i in. 2021). Ponadto wykazano, że biostymulatory mają pozytywny wpływ na wzrost i rozwój roślin poprzez aktywację procesów metabolicznych (Nephali i in. 2020). Badania nad krzemem (Si) sugerują, że jego stosowanie może być również uznane jako rodzaj biostymulatora, ponieważ pomaga roślinom radzić sobie ze stresem i zwiększać ich wydajność. Na przykład w przypadku łączonego stosowania nawozów mikroelementowych i biostymulatorów, krzem może również odgrywać istotną rolę, poprawiając dostępność składników odżywczych dla roślin. Ostatecznie, badania nad wpływem krzemu na rośliny mogą być cennym wkładem do zrozumienia mechanizmów działania biostymulatorów w uprawach rolnych (Sienkiewicz-Cholewa i Zajączkowska 2020, Zajączkowska i in. 2020, Zajączkowska i Korzeniowska 2021). Dodatkowo biostymulatory mogą wzmacniać odporność roślin na choroby i szkodniki, co przyczynia się do zmniejszenia ryzyka strat plonu związanego z atakami patogenów (Trevisan i in. 2010). Istotną rolą biostymulatorów jest również poprawa jakości plonów objawiająca się zwiększoną zawartością składników odżywczych oraz lepszymi właściwościami sensorycznymi (Rouphael i Colla 2018). Wreszcie biostymulatory mogą wspomagać korzystne interakcje roślin z mikroorganizmami glebowymi, co przekłada się na zwiększoną dostępność składników odżywczych dla roślin, a tym samym na ich lepszy wzrost i rozwój (Nardi i in. 2016).

Biostymulatory można podzielić na kilka głównych kategorii, z których każda ma różne mechanizmy działania i korzyści dla roślin. Poniżej wymieniono główne typy biostymulatorów (Du Jardin 2015, Yakhin i in. 2017).

### 1. Biostymulatory mikrobiologiczne:

- Bakterie: produkty zawierające żywe bakterie, takie jak *Azospirillum* spp. czy *Rhizobium* spp., które pozytywnie wpływają na rośliny poprzez symbiozę korzystną lub stymulację procesów biologicznych w glebie.
- Grzyby i pierwotniaki: produkty zawierające żywe grzyby, takie jak mykoryza, lub pierwotniaki, które poprawiają strukturę gleby i dostarczają roślinom składników odżywczych.

### 2. Biostymulatory organiczne:

- Ekstrakty roślinne: ekstrakty z kelpu, aloesu czy ziołowe, zawierające fitohormony, aminokwasy i polifenole, korzystnie wpływają na wzrost i rozwój roślin.
- Ekstrakty z alg: produkty bogate w mikroelementy, aminokwasy i witaminy pochodzące z alg morskich, które stymulują wzrost korzeni, plonowanie oraz odporność roślin na stres abiotyczny.
- Humusy i kwasy humusowe: produkty zawierające substancje organiczne pochodzące z rozkładu materii organicznej, które poprawiają strukturę gleby, zwiększają jej zdolność retencji wody i składników odżywczych.
- Aminokwasy i peptydy: produkty zawierające aminokwasy i peptydy, które są składnikami białkowymi i wpływają na metabolizm roślin oraz odporność na stres.

### 3. Biostymulatory syntetyczne:

- Hormony roślinne: produkty zawierające syntetyczne hormony roślinne, takie jak auksyny, cytokininy czy gibereliny, które regulują wzrost, rozwój i odpowiadzi na stres.
- Stymulatory wzrostu: produkty zawierające syntetyczne związki stymulujące wzrost roślin, takie jak kwas giberelinowy czy kwas indolilomasłowy, które wpływają na podział komórek i rozwój pędów.

### 4. Biostymulatory mineralne:

- Mikroelementy: produkty zawierające mikroelementy, takie jak żelazo, miedź, cynk czy bor, które są niezbędne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin oraz funkcjonowania enzymów.
- Solubilizatory fosforu: produkty zawierające związki chemiczne lub mikroorganizmy zdolne do uwalniania fosforu z gleby i zwiększania jego dostępności dla roślin.

## **Rola herbicydów w uprawach rolnych**

Herbicydy są jednym z najczęściej stosowanych agrochemikaliów w uprawach rolnych i odgrywają kluczową rolę w zapobieganiu konkurencji ze strony chwastów (Idziak i Woźnica 2008). Poprzez selektywne eliminowanie chwastów herbicydy pozwalają na utrzymanie czystości plantacji oraz zapewnienie optymalnych warunków wzrostu dla roślin uprawnych. Ich skuteczność w zwalczaniu chwastów wynika głównie z hamowania procesów metabolicznych niezbędnych do ich wzrostu i rozmnażania.

Jednakże oprócz skuteczności w eliminowaniu chwastów herbicydy mogą również wywierać wpływ na rośliny uprawne, co może prowadzić do negatywnych skutków w postaci zmniejszenia plonu. Niewłaściwe stosowanie herbicydów, takie jak: nadmierna dawka, niewłaściwy dobór herbicydu lub aplikacja w nieodpowiednim momencie, może skutkować uszkodzeniami roślin uprawnych oraz zmniejszeniem plonów. Dodatkowo istnieje ryzyko wystąpienia oporności chwastów na herbicydy, co wymaga ciągłego monitorowania i adaptacji strategii zwalczania (Carpenter i in. 2020).

### **Synergia między nawozami, biostymulatorami a herbicydami w optymalizacji produkcji rolnej**

W dzisiejszym rolnictwie zrównoważone zarządzanie agrochemikaliami jest niezbędne dla osiągnięcia efektywnej i ekologicznie zrównoważonej produkcji rolnej. W kontekście tego celu zrozumienie synergii między nawozami, biostymulatorami a herbicydami staje się kluczowym elementem. Łączenie tych trzech rodzajów agrochemikaliów może przyczynić się do zwiększenia efektywności produkcji rolnej przy jednoczesnym minimalizowaniu negatywnego wpływu na środowisko. Stosowanie biostymulatorów w połączeniu z nawozami mineralnymi może wpłynąć pozytywnie na zdolność roślin do absorpcji składników odżywczych z gleby (Trawczyński 2014, Filipczak i in. 2016). Badania wykazują, że biostymulatory mogą stymulować rośliny do większej aktywności korzeniowej, co z kolei zwiększa ich zdolność do pobierania makro- i mikroelementów (Miziniak i in. 2018, Zarzecka i in. 2024). W efekcie możliwe jest zmniejszenie ilości stosowanych nawozów mineralnych, co przekłada się na oszczędność kosztów dla rolnika oraz redukcję potencjalnego zanieczyszczenia środowiska.

Kolejnym aspektem synergii jest zastosowanie herbicydów w połączeniu z biostymulatorami. Biostymulatory mogą korzystnie wpływać na wzrost i rozwój roślin, co prowadzi do zwiększonej tolerancji na stres spowodowany herbicydami. Dodatkowo badania wykazały, że niektóre biostymulatory mogą aktywować mechanizmy obronne roślin, co przyczynia się do zmniejszenia ich podatności na uszkodzenia wywołane stosowaniem herbicydów. Dzięki takiemu podejściu istnieje możliwość zmniejszenia dawek stosowanych herbicydów przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej skuteczności w zwalczaniu chwastów. To podejście nie tylko przynosi pozytywne efekty dla

środowiska poprzez ograniczenie ilości stosowanych chemikaliów, ale także korzystnie wpływa na względną opłacalność danej uprawy poprzez zmniejszenie kosztów produkcji oraz zwiększenie plonów (Kierzek i in. 2013, Golian i in. 2014, Kierzek i in. 2015, Gugała i in. 2017, Grychowski i in. 2018, Miziniak i in. 2018, Domański i in. 2023) (tab. 1).

Europejska Rada Ochrony Środowiska podjęła decyzję o konieczności ograniczenia stosowania herbicydów o 50% do 2030 r., uwzględniając ich negatywny wpływ zarówno na bioróżnorodność, jak i zdrowie ludzi. Decyzja ta opiera się na naukowych dowodach potwierdzających szkodliwe skutki herbicydów dla ekosystemów oraz potencjalne zagrożenia dla zdrowia publicznego (Bar 2002, Bacmaga i in. 2007). Osiągnięcie tak ambitnego celu wymaga zastosowania zaawansowanych systemów wspomagania decyzji oraz innowacyjnych narzędzi, takich jak biostymulatory. Te narzędzia oparte na najnowszych osiągnięciach naukowych i technologicznych odgrywają kluczową rolę w opracowywaniu zrównoważonych strategii zarządzania uprawami.

Zrozumienie synergii między nawozami, biostymulatorami a herbicydami jest kluczowe dla optymalizacji praktyk uprawowych w rolnictwie. Wykorzystanie tych trzech rodzajów agrochemikaliów w sposób zrównoważony może przyczynić się do zwiększenia efektywności produkcji rolnej, redukcji kosztów oraz minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko naturalne.

### **Wpływ biostymulatorów i herbicydów na zwalczanie chwastów**

Badania nad wpływem biostymulatorów i herbicydów na zwalczanie chwastów prowadzone przez różnych badaczy przynoszą różnorodne wnioski. Miziniak i in. (2018) przeprowadzili badania na pszenicy jarej, których wyniki sugerują, że dodatek biostymulatora Tytanit do herbicydów nie wpływa na biologiczną skuteczność zwalczania chwastów. Jednakże skuteczność zwalczania chwastów może być zróżnicowana w zależności od konkretnych kombinacji substancji.

Gugała i in. (2017) w badaniach przeprowadzonych na polu w latach 2012–2014 ocenili wpływ herbicydów i biostymulatorów na ograniczenie zachwaszczenia w uprawie ziemniaka jadalnego. Stosowanie herbicydów, takich jak Harrier 295 ZC (chlomazon + linuron) i Sencor 70 WG (metrybuzyna), przyczyniło się do znacznego ograniczenia zachwaszczenia w uprawie ziemniaka jadalnego w porównaniu z obiektem kontrolnym, gdzie zastosowano jedynie pielęgnację mechaniczną. Dodatkowo, stosowanie kombinacji herbicydów, takich jak Harrier 295 ZC lub Sencor 70 WG, z biostymulatorami, takimi jak Kelpak SL lub Asahi SL, także przyniosło pozytywne efekty (tab. 1). Natomiast Soltani i in. (2015) zaobserwowali, że dodanie Crop Booster do glifosatu nie miało wpływu na kontrolę chwastów, z wyjątkiem 4 tygodni po aplikacji herbicydu, kiedy kontrola gatunków chwastów z rodziny szarłatowatych



została zwiększona o 1% oraz w 4. i 8. tygodniu po aplikacji, kiedy kontrola *Chenopodium album* L. została zmniejszona o 1%.

Badania przeprowadzone przez Grychowskiego i in. (2018) oraz Domańskiego i in. (2023) wykazały obiecujące wyniki dotyczące skuteczności różnych kombinacji herbicydów, adiuwantów i nawozów dolistnych w zwalczaniu chwastów w uprawach rolniczych. Grychowski i in. (2018) udowodnili, że zastosowanie kombinacji herbicydu Biathlon 4D z retardantem Moddus 250 EC, adiuwantami i nawozami dolistnymi było skuteczne w ograniczaniu większości chwastów obecnych w uprawie owsa siewnego. Dodatkowo, mieszaniny herbicydu Biathlon 4D (tritosulfuron + florasulam) okazały się efektywne w zwalczaniu trudnych do kontrolowania gatunków chwastów, takich jak *Chenopodium album* L., *Veronica hederifolia* L. i *Veronica persica* Poir. Wyniki Domańskiego i in. (2023) potwierdziły te obserwacje, wykazując, że kombinacje herbicydu Avatar 293 ZC oraz biostymulatorów Agro-Sorb Folium i Plo-noStart skutecznie zmniejszały zagęszczenie chwastów na 1 m<sup>2</sup> w dwóch terminach pomiarowych. W szczególności zaobserwowano, że połączenie herbicydu Avatar 293 ZC z biostymulatorem Agro-Sorb Folium skutecznie ograniczyło występowanie chwastów, w tym chwastnicy jednostronnej, komosy białej, rdestu ptasiego i fiołka polnego (tab. 1). Natomiast badania Baranowskiej i in. (2019) skoncentrowały się na ocenie skuteczności różnych kombinacji biostymulatorów wzrostu i herbicydów na plantacjach ziemniaka, sugerując, że takie połączenie może efektywnie ograniczyć wzrost chwastów (tab. 1). Tymczasem Łozowicka i in. (2019) wskazała na możliwe osłabienie skuteczności herbicydowej ochrony przed chwastami w wyniku stosowania biostymulatorów, jednakże nie obserwowano istotnego wpływu na jakość ziarna pszenicy. Oprócz wspomnianych badań istotne wnioski dotyczące wpływu biostymulatorów i herbicydów na zwalczanie chwastów można również wyciągnąć z pracy Domaradzkiego i in. (2015). W odniesieniu do większości gatunków chwastów nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu aplikacji herbicydów (z biostymulatorem lub bez) na ich skuteczność zwalczania. Jednakże dodatek biostymulatorów Asahi SL i Kelpak SL zwiększał efektywność niszczenia niektórych gatunków chwastów, takich jak *Polygonum aviculare* L. Dodatek biostymulatora Kelpak SL w dawce 30% zmniejszał skuteczność zwalczania *Amaranthus retroflexus* L. (tab. 1).

### **Wpływ biostymulatorów i herbicydów na roślinę uprawną**

Wpływ biostymulatorów i herbicydów na plonowanie roślin uprawnych to zagadnienie, które w badaniach naukowych ukazuje różnorodne efekty tych substancji oraz ich interakcje. Badania Zarzeckiej i in. (2016) sugerują, że stosowanie herbicydów i biostymulatorów może mieć niewielki wpływ na smakowitość bulw ziemniaka jadalnego, a nawet może przyczynić się do wzrostu plonu. Te obserwacje pokrywają się z wnioskami Gugały i in. (2017), którzy zauważyli ograniczenie fitotoksycznego

uszkodzenia roślin ziemniaka po zastosowaniu biostymulatorów w połączeniu z herbicydami. Ponadto herbicydy i biostymulatory stosowane w doświadczeniu przyczyniły się do wzrostu plonu ogólnego bulw ziemniaka od 13,6% do 33,2% w porównaniu z obiektem kontrolnym. Badania Kierzka i in. (2013, 2015) skupiły się na wpływie biostymulatorów na plonowanie. Stosowanie biostymulatora Aminoplant w połączeniu z herbicydami wpłynęło na zwiększenie wielkości plonu zarówno buraka cukrowego, jak i kukurydzy. Również do podobnych wniosków doszli Golian i in. (2014), stosując mieszaninę metrybuzyny z biostymulatorem Asahi SL oraz adiuwantem Protector na jeden dzień przed zastosowaniem metrybuzyny, co mogło przyczynić się do zwiększenia plonu marchwi w porównaniu z innymi badanymi kombinacjami. Natomiast badania Soltaniego i in. (2015) nie wykazały istotnego wpływu biostymulatorów na plonowanie w przypadku kukurydzy, owsa i pszenicy jarej.

Badania przeprowadzone przez Goranovską i in. (2022) stanowią wyraźne potwierdzenie korzystnego wpływu zastosowania kombinacji różnych substancji na plonowanie kukurydzy. Na przykład zastosowanie kombinacji Amalgerol + Microelements for Maize w różnych dawkach zaowocowało znaczącym wzrostem plonu ziarna. Dodatkowo obserwacje pokazały, że zastosowanie Chemnico 24 SC (nikosulfuron) w połączeniu z dolistnym nawozem Vertex H-34 przyniosło średni wzrost plonu o 7,66%, natomiast dolistny nawóz Foliar Extra spowodował średni wzrost plonu w porównaniu z obiektem kontrolnym wynoszący 8,97%. Obie te zmiany są istotne statystycznie.

W badaniach Mickiewicza i Wróbla (2012) kombinacja cynku i herbicydu Shado 300 SC (sulkotrion) wykazała istotne zwiększenie zawartości cynku w analizowanych organach roślin oraz zwiększenie plonu ziarna i łodyg kukurydzy. Nawet połączone stosowanie herbicydu nie osłabiło jego właściwości chwastobójczych, a największe wzrosty plonu uzyskano przy głębokim kultywatorowaniu. Te wyniki sugerują potencjalne praktyczne zastosowanie tej metody (tab. 1). Natomiast badania Zarzeckiej i in. (2024) przeprowadzone na plantacji ziemniaka sugerują, że stosowanie biostymulatorów w połączeniu z herbicydami może zwiększyć zawartość manganu i miedzi w bulwach, co może mieć istotne znaczenie dla jakości plonu. Najlepsze efekty obserwowano przy użyciu biostymulatora Agro-Sorb.

## Wpływ herbicydów oraz nawożenia mikroelementami na zwalczanie chwastów i wzrost roślin

Badania przeprowadzone przez Domaradzkiego i Wróbla (2012) oraz Domaradzkiego i in. (2014) rzucają światło na kompleksowy wpływ integracji nawożenia mikroelementami z ochroną roślin. Wyniki tych badań sugerują, że łączna aplikacja herbicydu Grodyl 75 WG (amidosulfuron) z mikroelementami może mieć różnorodny wpływ na skuteczność zwalczania chwastów. Na przykład dodatek cynku do herbicydu Grodyl 75 WG może zmniejszyć efektywność niszczenia niektórych gatunków chwastów, takich jak *Geranium pusillum* L., ale jednocześnie zwiększyć skuteczność zwalczania innych, jak *Stellaria media* (L.) Vill. Natomiast badania laboratoryjne wykazały, że nawożenie mikroelementami może przyczynić się do wzrostu plonów, a zawartość miedzi i cynku w ziarnie zbóż utrzymywała się na bezpiecznym poziomie dla konsumentów. Jednakże badania dotyczące plonowania buraka cukrowego nie wykazały istotnego różnicowania parametrów plonu między łącznym a rozdzielonym stosowaniem herbicydów i nawozów mikroelementowych. W kontekście wpływu nawożenia mikroelementami oraz herbicydów na kontrolę chwastów i wzrost roślin badania Castro i Brighenti (2007) (tab. 1) dostarczają dodatkowych istotnych wniosków. Ich badania miały na celu ocenę skuteczności zwalczania chwastów przez herbicydy, badając efekty stosowania herbicydów pojedynczo oraz w połączeniu z borem (B). Okazuje się, że kombinacje herbicydów i boru, zwłaszcza z kwasem borowym ( $H_3BO_3$ ), są skuteczne w zwalczaniu niektórych gatunków chwastów, takich jak *Euphorbia heterophylla* L., *Bidens subalternans* DC. i *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. Co więcej, zastosowanie boru w połączeniu z herbicydami przyczynia się nie tylko do efektywności niszczenia chwastów, ale również do zwiększenia zawartości tego mikroelementu w glebie, co z kolei może przełożyć się na wzrost zawartości boru w liściach roślin uprawnych, takich jak słońceznik.

Tabela 1

## Efekty łącznego stosowania biostymulatorów/nawozów mikroelementowych i herbicydów na rośliny

Autor	Rodzaj rośliny	Biostymulatory/nawozy mikroelementowe	Herbicyd	Efekt
Baranowska i in. (2019)	ziemniak jadalny	GreenOK Universal – PRO, Asahi SL	Avatar 293 ZC (chlomazon 60 g/l, metrybuzyna 233 g/l)	skuteczne ograniczenie zachwaszczenia plantacji
Castro i Brighenti (2007)	slonecznik	Bor w dwóch formach: $H_2BO_3$ , $Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$	Diuron + parakwat, Glyphosate, Glyphosate + carfentrazone, Glyphosate + flumioxazin, Glyphosate potassium + sulfentrazone, Glyphosate + sulfentrazone, Glyphosate potassium	skuteczność w zwalczaniu chwastów oraz zwiększeniu zawartości mikroelementów w roślinach uprawnych
Domaniński i in. (2023)	ziemniak jadalny	Agro-Sorb Folium, PlonoStart	Avatar 293 ZC (chlomazon 60g/l, metrybuzyna 233 g/l)	zmniejszenie liczby chwastów, ograniczenie występowania głównych gatunków chwastów
Domaradzki i in. (2012)	burak cukrowy	Bor ( $H_3BO_3$ ), mangan ( $MnSO_4 \times 5H_2O$ )	Betanal Elite 274 EC (etkanizol 150 g/l + fenmedifam 124 g/l)	brak różnicowania zawartości sodu, potasu i azotu $\alpha$ -aminokwasowego pod wpływem łącznego lub rozdzielnego stosowania ochrony herbicydowej i nawożenia w porównaniu z obiektem kontrolnym
Domaradzki i in. (2014)	pszenica ozima	miedź, cynk	Glifosat, Chlorsulfuron, 2,4-D	pozytywny wpływ nawożenia mikroelementami na plonowanie, brak niekorzystnych interakcji połączenia herbicydów z nawozami
Domaradzki i in. (2015)	burak cukrowy	Asahi SL, Kelpak SL	Kemifam Super Koncentrat 320 EC (fluroksypyr 80 g/l + MCPA 240 g/l), Kemiron Koncentrat 500 S.C. (diazinon 500 g/l), Lontrel 300 SL (Clopiralid 300 g/l), Safari 50 WG (timetoksan 500 g/kg), Torero 500 S.C. (cyflufenamid 500 g/l)	wysoka skuteczność zwalczania chwastów, brak negatywnego wpływu na rośliny buraka cukrowego

cd. tab. 1

Autor	Rodzaj rośliny	Biostymulatory/nawozy mikroelementowe	Herbicyd	Efekt
Golian i in. (2014)	marchew	Asahi SL, AlfaMax	Metrybuzyna, Linuron	biostymulatory nie miały istotnego wpływu na skuteczność herbicydów oraz na fitotoksyczność
Goranowska i in. (2022)	kukurydza	Amalgerol, Mikroelementy, Vertex H-34	Stomp New 330 EC (pendimetalina 330 g/l), Chemnico 24 S.C. (quazifop-P-etyl 240 g/l)	zastosowanie pendimetaliny i nicosulfuronu, mikroelementów dla kukurydzy i Amalgerolu ma największy pozytywny wpływ na plon kukurydzy
Grychowski i in. (2018)	owies	Nawozy dolistne: Basfoliar 2.0 36 Extra, ADOB Cu 2.0	Biathlon 4D ( 2,4-D 500 g/l + florasulam 4 g/l)	wysoka skuteczność zwalczania chwastów ogółem (91–99%), selektywność dla owsa siewnego, stabilne plonowanie owsa siewnego
Gugała i in. (2017)	ziemniak jadalny	Kelpak SL, Asahi SL	Harrier 295 ZC ( fluroksypyr 150 g/l + diflufenikan 145 g/l), Sencor 70 WG (metribuzyna 700 g/kg)	ograniczenie masy chwastów, wzrost plonu bulw ziemniaka
Kierzek i in. (2013)	burak cukrowy	Aminoplant	Betanal Elite 274 EC (etkanizol 150 g/l + fenmedifam 124 g/l), Safari 50 WG (tiametoksan 500 g/kg)	zwiększenie plonu korzeni buraka cukrowego, brak wpływu na parametry jakościowe korzeni i fitotoksyczność herbicydów
Kierzek i in. (2014)	kukurydza	Aminoplant	Zeagran 340 SE (bromoksynil 200 g/l + terbutilazyna 140 g/l)	korzystny wpływ na plonowanie kukurydzy, brak istotnego wpływu na fitotoksyczność herbicydu oraz na jakość ziarna kukurydzy

cd. tab. 1

Autor	Rodzaj rośliny	Biosymulatory/nawozy mikroelementowe	Herbicyd	Efekt
Łozowicka i in. (2019)	pszenica jara	Biosymulator (kwasy humusowe)	Apyros 75 WG (rimsulfuron 750 g/kg)	zmniejszenie skuteczności herbicydowej ochrony w ograniczaniu biomasy chwastów, zwiększenie biomasy chwastów przy użyciu biosymulatora bez wcześniejszego zastosowania herbicydu, wzrost plonu pszenicy po aplikacji biosymulatora z herbicydem
Matysiak i in. (2018)	pszenica jara	Kelpak, Ashi	MCPA 300 g/l + dicamba 40 g/l, dicamba 660 g/kg + triasulfuron 44 g/kg oraz florasulam 6,25 g/l + 2,4-D 300 g/l	brak wpływu biosymulatorów na skuteczność zwalczania chwastów, biosymulatory wpłynęły na parametry plonu pszenicy, obserwowano zmiany w parametrach jakościowych plonu, takich jak zwiększenie ilości glutenu w ziarnie
Mickiewicz i in. (2012)	kukurydza	Insol Zn (nawóz mikroelementowy zawierający cynk)	Roundup (glifosat 360 g/l)	zwiększenia plonu kukurydzy oraz poprawa zawartości składników odżywczych w glebie
Miziniak i in. (2018)	pszenica jara	Tytanit	Chwastox Turbo 340 SL (MCPA 300 g/l + dikamba 40 g/l), Lintur 70 WG (triasulfuron 44 g/kg + dikamba 660 g/kg), Mustang 306 SE (2,4-D 300 g/l + florasulam 6,25 g/l)	brak wpływu na biologiczną skuteczność zwalczania chwastów
Soltani i in. (2015)	owies, pszenica jara, kukurydza	Crop Booster, RR SoyBooster	glyphosat, topramezon, atrazyna, thiencazone-methyl/tembotrione, bromoksynil/MCPA	brak istotnego wpływu na wzrost roślin, skuteczność zwalczania chwastów oraz na plonowanie

cd. tab. 1

Autor	Rodzaj rośliny	Biostymulatory/nawozy mikroelementowe	Herbicyd	Efekt
Sztuder i in. (2008)	pszenica ozima	Salette amonowa, Mocznik, RSM	Roundap Max (glifosat 360 g/l), Roundap (glifosat 360 g/l), Arelon (izoproturon 500 g/l), Huzar (jodosulfuron metylosodowy 100 g/l + mezosulfuron metylowy 30 g/l) Maraton (dimetoeat 70 g/kg + alfa-cyprmetryna 10 g/kg), Falkon (prochloraz 167 g/l + flutriafol 84 g/l), Mustang ( 2,4-D 300 g/l + florasulam 6,25 g/l, Bavistin (karbendazym 500 g/l), Bi Nowy 58 (olej mineralny 580 g/l), Folicur (tebukonazol 250 g/l)	korzyści ekonomiczne, ekologiczne oraz produkcyjne z integracji nawożenia z ochroną roślin, wyższe plony ziarna pszenicy ozimej w przypadku łącznego stosowania nawozów i środków ochrony roślin
Zarzecka i in. (2024)	ziemniak jadalny	PlonoStart, Amniolant, Agro-Sorb Folium	Avatar 293 ZC (diflufenikan 250 g/l + florasulam 43 g/l)	zastosowanie biostymulatorów w połączeniu z herbicydem Avatar 293 ZC wykazało zwiększenie zawartości miedzi (Cu) oraz pobrania manganu (Mn) i miedzi (Cu)
Zarzecka i in. (2016)	ziemniak jadalny	Kelpak SL, Asahi SL	Harrier 295 ZC ( fluroksypyr 90 g/l + diflufenikan 205 g/l), Sencor 70 WG (metribuzyna 700 g/kg)	brak pogorszenia smaku po stosowaniu herbicydów i biostymulatorów, istotny wpływ herbicydów i biostymulatorów na ciemnienie miąższu po ugotowaniu

Źródło: opracowanie własne



W przeprowadzonych badaniach własnych w warunkach laboratoryjnych przetestowano skuteczność zwalczania chwastów przy użyciu nawożenia krzemem w postaci  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$ . Doświadczenie obejmowało stosowanie herbicydów zawierających tribenuron metylu i fluoksypyr na roślinie testowej *Viola arvensis* Murr. Wyniki wyraźnie pokazały, że ten konkretny chwast wykazywał zwiększoną podatność na tribenuron metylu, kiedy był stosowany razem z nawożeniem krzemem, w porównaniu ze stosowaniem samego herbicydu. Jak można zauważyć w tabeli 2, *Viola arvensis* Murr., gdy była poddana jedynie opryskowi herbicydem, została sklasyfikowana jako średnio wrażliwa, natomiast po zastosowaniu oprysku krzemem w formie  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , jej wrażliwość wzrosła, kwalifikując ją jako wysoko wrażliwą. W przypadku fluoksypiry nie zaobserwowano istotnej zmiany w skuteczności chwastobójczej w wyniku dodatkowego nawożenia krzemem.

Tabela 2

Analiza skuteczności kontroli populacji *Viola arvensis*

Lp.	Obiekt	% zalecanej dawki	Bez dodatku $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}$	Z dodatkiem $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}$
1	kontrola	-	0%	0%
2	tribenuron metylu	25	72%	87%
3	tribenuron metylu	50	81%	88%
4	tribenuron metylu	75	76%	87%
5	tribenuron metylu	100	79%	90%

Źródło: opracowanie własne

### Podsumowanie

Prace przeglądowe dotyczące łącznego stosowania herbicydów z biostymulatorami i nawozami mikroelementowymi oraz ich skuteczności i selektywności przedstawiają różne wyniki w tym zakresie. Czasem obserwuje się korzystne efekty, takie jak ograniczenie wzrostu chwastów, zwiększenie plonu oraz poprawa jakości roślin uprawnych. Jednakże są również sytuacje, gdzie wpływ ten jest mniej istotny lub może nawet osłabić skuteczność herbicydów. W związku z tym istnieje potrzeba dalszych badań, które pozwolą lepiej zrozumieć mechanizmy działania tych substancji oraz ich interakcje. Ważne jest uwzględnienie różnorodnych czynników, takich jak genetyka roślin, warunki środowiskowe czy odpowiedni dobór kombinacji substancji czynnych, aby maksymalizować korzyści z łącznego stosowania herbicydów, biostymulatorów i nawozów mikroelementowych. Tylko w ten sposób możliwe będzie efektywne wykorzystanie tych środków w praktyce rolniczej, z zachowaniem równowagi między ochroną upraw a ochroną środowiska.

## Literatura

1. Antonkiewicz J., Łabętowicz J.: Innowacje chemiczne w odżywianiu roślin od starożytnej Grecji i Rzymu po czasy najnowsze. *Agronomy Science*, 2017, **72**: 1-18.
2. Bacmaga M., Kucharski J., Wyszowska J.: Wpływ środków ochrony roślin na aktywność mikrobiologiczną gleby. *Journal of Elementology*, 2007, **12(3)**: 225-239.
3. Bar W.: Ekobójstwo i grzech ekologiczny: dwa terminy–dwa porządki–wspólna sprawa. *Studia Prawnicze KUL*, 2002, **2**: 33-57.
4. Baranowska A., Mystkowska I., Zarzecka K., Szczygielska E.: Impact of growth biostimulators and herbicide on the content of major protein in edible potato tubers. *Journal of Ecological Engineering*, 2019, **20(3)**.
5. Campobenedetto C., Mannino G., Beekwilder J., Contartese V., Karlova R., Berteà C.M.: The application of a biostimulant based on tannins affects root architecture and improves tolerance to salinity in tomato plants. *Scientific Reports*, 2021, **11(1)**: 354.
6. Carpenter D.J., Mathiassen S.K., Boutin C., Strandberg B., Casey C.S., Damgaard C.: Effects of herbicides on flowering. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2020, **39(6)**: 1244-1256.
7. Castro C., Brighenti A.M.: Compatibility of herbicides with boron fertilizers for weed desiccation and mineral nutrition of sunflower/Compatibilidad de herbicidas y boro en la desecación de malezas y la nutrición mineral del cultivo de girasol/Compatibilité d' herbicides avec du bore pour le dessèchement de mauvaises herbes et pour la nutrition minérale de la culture du tournesol. *Helia*, 2007, **30(47)**: 1-14.
8. Domański L., Zarzecka K., Gugała M.: Liczba chwastów oraz ich skład gatunkowy w uprawie ziemniaka po zastosowaniu herbicydu i biostymulatorów. *Agronomy Science*, 2023, **78(3)**: 123-134.
9. Domaradzki K., Korzeniowska J., Stanisławska-Głubiak E.: Ocena skuteczności chwastobójczej oraz stabilności roztworu roboczego w przypadku aplikacji mieszaniny herbicydów i mikroelementów w pszenicy ozimej. *Przemysł Chemiczny*, 2014, **93(11)**: 1965-1969.
10. Domaradzki K., Marczevska-Kolasa K., Bortniak M.: Ocena skuteczności mieszaniny herbicydów i biostymulatorów w uprawie buraka cukrowego. *Przemysł Chemiczny*, 2015, **94(5)**: 787-792.
11. Domaradzki K., Wróbel S.: Wpływ łączenia ochrony herbicydowej oraz dokarmiania dolistnego mikroelementami na jakość plonu korzeni buraka cukrowego. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2012, **52(4)**: 1147-1150.
12. Du Jardin P.: Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 2015, **196**: 3-14.
13. Filipczak J., Zurawicz E., Sas-Paszt L.: Wpływ wybranych biostymulatorów na wzrost i plonowanie roślin truskawki 'Elkat'. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa*, 2016, **24**: 43-58.
14. Fu H., Tan P., Wang R., Li S., Liu H., Yang Y., Wu Z.: Advances in organophosphorus pesticides pollution: Current status and challenges in ecotoxicological, sustainable agriculture, and degradation strategies. *Journal of Hazardous Materials*, 2022, **424**: 127494.
15. Golián J., Anyszka Z., Kohut M.: Ocena stosowania herbicydów z biostymulatorami i adiuwantami w uprawie marchwi (*Daucus carota* L.). *Progress in Plant Protection*, 2014, **54(2)**: 167-173.
16. González-Pérez B.K., Rivas-Castillo A.M., Valdez-Calderón A., Gayosso-Morales M.A.: Microalgae as biostimulants: A new approach in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2022, **38(1)**: 4.

17. Goranovska S., Kalinova S., Yanev M.: Influence of herbicides and foliar fertilizers on the yield, the structural elements of yield and technological qualities of the maize grain. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2022, **28(1)**: 137-144.
18. Grychowski R., Szumańczyk M., Kierzek R., Ratajkiewicz H.: Possibilities of joint application of tritosulfuron with florasulam as tank mix with other agrochemicals in oat. *Progress in Plant Protection*, 2018, **58(2)**: 148-155.
19. Gugała M., Zarzecka K., Sikorska A., Mystkowska I., Dolega H.: Wpływ herbicydów i biostymulatorów wzrostu na ograniczenie zachwaszczenia i plonowanie ziemniaka jadalnego. *Fragmenta Agronomica*, 2017, **34(4)**: 59-66.
20. Idziak R., Woźnica Z.: Skuteczność chwastobójcza herbicydu Callisto 100 SC stosowanego z adiuwantami i nawozem mineralnym. *Acta Agrophysica*, 2008, **11(2)**: 403-410.
21. Kierzek R., Dubas M., Matysiak K.: Effect of biostimulator Aminoplant mixtures with terbuthylazine and bromoxynil (Zeagran 340 SE) on herbicidal effect and yield of maize. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2015, **55(2)**: 164-169.
22. Kierzek R., Dubas M., Matysiak K.: Wpływ łącznego stosowania biostymulatora Aminoplant z herbicydami na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2013, **53(3)**: 621-626.
23. Knapik M.: Zastosowanie biostymulatorów we współczesnym rolnictwie [Using biostimulants in modern agriculture]. *Zeszyty Studentckiego Ruchu Naukowego Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach*, 2018, **27(2)**: 79-84.
24. Lykogianni M., Bempelou E., Karamaouna F., Aliferis K.A.: Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. *Science of the Total Environment*, 2021, **795**: 148625.
25. Łozowicka B., Konecki R., Iwaniuk P., Drągowski W., Rusiłowska J., Pietraszko A., Snarska K.: Wpływ biostymulatora i ochrony herbicydowej na zachwaszczenie oraz parametry ilościowe i jakościowe plonu pszenicy jarej. *Progress in Plant Protection*, 2019, **59(4)**: 258-264.
26. Matysiak K., Miziniak W., Kaczmarek S., Kierzek R.: Herbicides with natural and synthetic biostimulants in spring wheat. *Ciência Rural*, 2018, **48**: e20180405.
27. Micklewicz A., Wróbel S.: Response of maize grown with ploughless tillage to the joint foliar application of zinc and herbicide Shado 300 SC. 2012, pp. 169-177.
28. Miziniak W., Matysiak K., Górski D., Ulatowska A.: Wpływ łącznego stosowania herbicydów z biostymulatorem Titanit na zwalczanie chwastów i plonowanie pszenicy jarej. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, 2018, **94(4)**: 89-98.
29. Nardi S., Pizzeghello D., Schiavon M., Ertani A.: Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 2016, **73**: 18-23.
30. Nephali L., Piater L.A., Dubery I.A., Patterson V., Huyser J., Burgess K., Tugizimana F.: Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: A metabolomics perspective. *Metabolites*, 2020, **10(12)**: 505.
31. Pipiak P., Skwarek M.: Zastosowanie nawozów aminokwasowych w rolnictwie. *Technologia i Jakość Wyróbów*, 2020, **65**: 144-157.
32. Podleśna A.: Źródła składników pokarmowych dla roślin we współczesnym rolnictwie, *Więś Jutra*, 2006, **7**: 6-8.
33. Radzikowska-Kujawska D., John P., Piechota T., Nowicki M., Kowalczewski P.Ł.: Response of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to selected biostimulants under drought conditions. *Agriculture*, 2022, **13(1)**: 121.
34. Roupheal Y., Colla G.: Synergistic biostimulatory action: Designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 2018, **9**: 426696.

35. Rutkowska A.: Stan obecny i perspektywy stosowania środków wspomagających uprawę roślin. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2010, **25**: 53-67.
36. Sienkiewicz-Cholewa U., Wróbel S.: Rola miedzi w kształtowaniu wielkości i jakości plonów roślin uprawnych. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2004, **51(5)**: 39-56.
37. Sienkiewicz-Cholewa U., Zajączkowska A.: The role and yield-forming effect of silicon application based on the example of global research. *Progress in Plant Protection*, 2020, **60(4)**: 313-319.
38. Soltani N., Shropshire C., Sikkema P.H.: Effect of biostimulants added to postemergence herbicides in corn, oats and winter wheat. *Agricultural Science*, 2015, **6**: 527.
39. Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J.: Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **8**: 99-110.
40. Sztyder H., Strączyński S.: Ocena tradycyjnego i zintegrowanego stosowania płynnych agrochemikaliów w uprawie pszenicy ozimej. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio E. Agricultura*, 2008, **63(4)**: 24-33.
41. Trączyński C.: Wpływ biostymulatorów aminokwasowych – Tecamin – na plon i jakość ziemniaków. *Ziemniak Polski*, 2014, **24(3)**: 29-34.
42. Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S.: Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior*, 2010, **5(6)**: 635-643.
43. Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A., Brown P.H.: Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, 2017, **7**: 238366.
44. Zajączkowska A., Korzeniowska J., Sienkiewicz-Cholewa U.: Effect of soil and foliar silicon application on the reduction of zinc toxicity in wheat. *Agriculture*, 2020, **10(11)**: 522.
45. Zajączkowska A., Korzeniowska J.: Reakcja pszenicy rosnącej na glebie zanieczyszczonej miedzią na dogłębne nawożenie krzemem. *Progress in Plant Protection*, 2021, **61(1)**: 31-39.
46. Zarzecka K., et al.: Effect of a herbicide and biostimulants on the content and uptake of selected micronutrients by edible potato tubers. *Journal of Elementology*, 2024, **29(1)**: 57-71.
47. Zarzecka K., Gugała M., Dolega H., Mystkowska I., Baranowska A., Zarzecka M.: Wpływ biostymulatorów i herbicydów na smakowość i ciemnienie mięszu bulw ziemniaka. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2016, **585**: 169-177.

---

Adres do korespondencji:

*dr inż. Aleksandra Zajączkowska*  
*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. 81 47 86 967*  
*e-mail: a.zajaczkowska@iung.wroclaw.pl*

---

AUTOR

Aleksandra Zajączkowska

ORCID

0000-0002-9237-5568



**Mariusz Kucharski**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## ROLA ADIUWANTÓW W NOWOCZESNEJ OCHRONIE ROŚLIN\*

**Słowa kluczowe:** adiuwant, herbicyd, zwalczanie chwastów, ochrona roślin, redukcja dawek

### Wstęp

Mimo wielu obostrzeń, chemiczne metody walki z chorobami, szkodnikami i chwastami są nadal rozwijającym się elementem współczesnej agrotechniki. Poszukiwane są nowe rozwiązania umożliwiające wzrost skuteczności działania środków przy jednoczesnej redukcji obciążenia dla środowiska. Wprowadzane są innowacyjne techniki stosowania pestycydów uwzględniające zmiany w formulacji preparatów, konstrukcjach sprzętu opryskującego, aplikacji środków ochrony roślin w dawkach dzielonych, a także stosowanie substancji wspomagających – adiuwantów.

Adiuwant to słowo pochodzące z łaciny (*adiuvare – adiuvo*), oznacza pomoc, wzmacnianie. W rolnictwie, a dokładniej w dziedzinie ochrony roślin, adiuwantem nazywamy substancje modyfikujące właściwości biologiczne preparatu lub umożliwiające zmiany parametrów fizykochemicznych cieczy opryskowej. Adiuwanty mogą być zawarte w formie użytkowej środka ochrony roślin (mieszanina sformułowana na etapie produkcji) lub dodawane do zbiornika opryskiwacza (jako niezależny preparat). Stosowanie adiuwantów w zabiegach ochrony roślin nie jest niczym nowym. Pierwsze udokumentowane zastosowanie tego typu substancji przypada na przełom XIX i XX w. Od tego czasu wzrastało zainteresowanie adiuwantami. Obecnie światowym liderem w produkcji i zastosowaniu adiuwantów są kraje Ameryki Północnej – Stany Zjednoczone i Kanada. Roczna sprzedaż sięga tam 200 tys. ton. Dla porównania, w całej Europie roczne zapotrzebowanie na adiuwanty wynosi zaledwie 20 tys.

\*Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.6.2. pt. „Monitorowanie uodparniania się agrofagów na środki ochrony roślin oraz tworzenie programów redukcji ryzyka” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2024 r.

ton, w tym, w Polsce, ok. 1,7 tys. ton. W Polsce pierwszy adiuwant zarejestrowano w 1967 r. Głównym składnikiem pierwszych rejestrowanych adiuwantów były związki powierzchniowo czynne, tzw. surfaktanty (Praczyk 2001).

Generalnie adiuwanty można podzielić na dwie grupy w zależności od pełnionych przez nie funkcji. Są to adiuwanty aktywujące i modyfikujące. Główną funkcją adiuwantów aktywujących jest zwiększenie retencji – wzrost ilości i wydłużenie czasu zatrzymania cieczy użytkowej na powierzchni rośliny, zmniejszenie napięcia powierzchniowego pomiędzy polarnymi i niepolarnymi częściami naskórka liścia oraz zwiększenie absorpcji (wzrost wnikania składnika aktywnego preparatu do rośliny). Elementy te wpływają na poprawę aktywności biologicznej preparatów, poszerzenie spektrum ich działania oraz ograniczenie ujemnego oddziaływania czynników środowiska podczas wykonywania zabiegów. Zwiększa się stabilność działania pestycydu, zwłaszcza wówczas, gdy na polu występują patogeny średnio wrażliwe lub w późniejszych fazach rozwojowych, a warunki atmosferyczne (niska wilgotność powietrza i niska temperatura) nie sprzyjają działaniu preparatów.

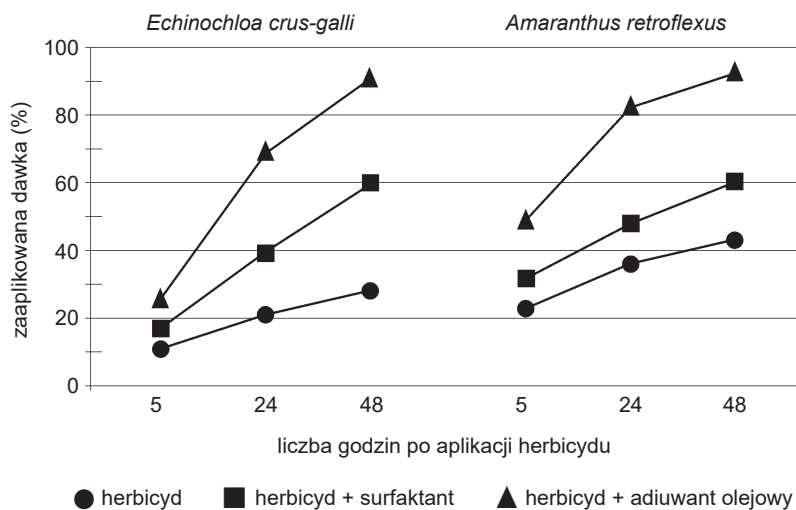
Adiuwanty modyfikujące w mniejszym stopniu wpływają na aktywność środków ochrony roślin. Dzięki zmianie właściwości fizykochemicznych cieczy użytkowej umożliwiają dokładniejsze i bezpieczniejsze wykonanie zabiegu, mieszanie różnych składników ze sobą, ograniczają pienienie podczas przygotowania cieczy roboczej, znoszenie (dryft) preparatu poza strefę opryskiwania oraz korozję elementów konstrukcyjnych aparatury opryskującej.

Adiuwantami, które wspomagają działanie środków ochrony roślin są: surfaktanty (środki powierzchniowo czynne), oleje mineralne i roślinne, związki mineralne oraz tzw. adiuwanty wieloskładnikowe zawierające dwie lub więcej substancji aktywnych.

Najistotniejszą funkcją **surfaktantów** jest obniżenie napięcia powierzchniowego cieczy użytkowej, co powoduje wzrost absorpcji składnika czynnego oraz lepszą jego penetrację przez kutikulę liści. Zmniejszenie napięcia powierzchniowego cieczy roboczej wpływa na poprawę zwilżania powierzchni opryskiwanych liści (Knoche 1994, Rogiers 1995).

Następną grupą substancji chemicznych stosowanych jako adiuwanty są **oleje mineralne i roślinne** z dodatkiem ok. 15–20% emulgatora. Adiuwanty olejowe umożliwiają równomierne nanoszenie pestycydu na opryskiwaną powierzchnię, a także zwiększają absorpcję i translokację składnika aktywnego przez warstwę woskową liścia i błony komórkowe roślin (Adamczewski i Praczyk 1995, Stevens 1995). Przykład wpływu adiuwantów na proces absorpcji herbicydu w roślinach przedstawiono na rysunku 1. Szybkość procesu wnikania substancji czynnej herbicydu, jak też ilość zaabsorbowanej substancji znacząco wzrasta po zastosowaniu herbicydu z adiuwantami. W omawianym przykładzie większy wzrost obserwowanych parametrów występuje po zastosowaniu adiuwanta olejowego.





Rys. 1. Wpływ adiuwantów na szybkość wnikania substancji czynnej herbicydu do opryskiwanej rośliny

Źródło: badania własne

Funkcję adiuwantów spełniają również niektóre **sole nieorganiczne**, w szczególności związki zawierające w swej budowie kation amonowy  $\text{NH}_4^+$  (np. siarczan amonu). Wzrost biologicznej aktywności środka stosowanego łącznie z substancjami zawierającymi jon amonowy tłumaczy się zniesieniem antagonistycznego działania soli rozpuszczonych w wodzie służącej do sporządzenia cieczy użytkowej oraz zwiększoną w tych warunkach przepuszczalnością błon komórkowych roślin (Beckett i Stoller 1991, Beckett i in. 1992).

Tradycyjne adiuwanty, szczególnie te, które posiadają tylko jeden składnik funkcyjny (surfaktant, olej czy kondycjoner wody), mają ograniczony, niekompletny zakres działania. Na przykład dobry surfaktant czy adiuwant olejowy może być niewystarczający, gdy do przygotowania cieczy opryskowej wykorzystujemy twardą wodę zawierającą duże ilości rozpuszczonych soli. W takich przypadkach uzasadnione jest tworzenie adiuwantów umożliwiających jednoczesne zabezpieczenie środka ochrony roślin przed wieloma czynnikami, które ograniczają jego działanie. Ścisła współpraca świata nauki i przemysłu agrochemicznego pozwoliła na opracowanie nowej grupy środków wspomagających ochronę roślin, tzw. **adiuwantów wielofunkcyjnych**. Adiuwanty takie, przykładowo zawierające w swym składzie środek powierzchniowo czynny, kondycjoner wody (np. siarczan amonu) i bufor pH, charakteryzują się wielofunkcyjnym działaniem w poprawie skuteczności działania herbicydów zawierających glifosat, bentazon, dikambę i fenoksykwasy (2,4-D, MCPA). Dzięki współdziałaniu

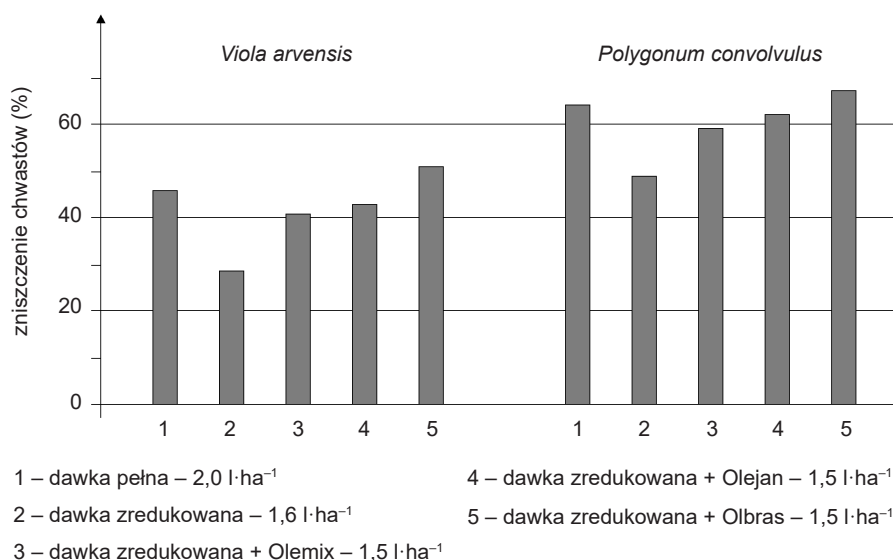
zawartych w nim składników, adiuwant szczególnie uwidacznia korzystne działanie w przypadkach, gdy do przygotowania cieczy opryskowej wykorzystuje się wodę o dużej zawartości kationów wapniowych (twarda woda), ponadto ułatwia zatrzymanie kropeł opryskowych (wzrost retencji) i wzmacnia wnikanie herbicydu do komórek chwastów (Woźnica i in. 2004).

Najnowszą grupą adiuwantów są tzw. **adiuwanty dedykowane**. W większości przypadków są to adiuwanty wielofunkcyjne, jednak kompozycja zawartych w nich składników umożliwia szczególne ukierunkowanie ich działania. Wśród preparatów obecnych w handlu lub będących na etapie badań możemy odnaleźć adiuwanty „dedykowane”, przeznaczone do np. fungicydów, insektycydów, do środków działających kontaktowo (adiuwanty lateksowe – sklejące) czy adiuwanty do herbicydów stosowanych przedwiosnowo – adiuwanty doglebowe (Kucharski i in. 2015, Zajązkowska i in. 2019).

### **Adiuwanty – wpływ na skuteczność herbicydów, pozostałości i jakość plonu**

Od strony praktyki rolniczej najistotniejszy jest wpływ łącznego stosowania adiuwantów z herbicydami na skuteczność zwalczania chwastów, możliwość redukcji dawki, jakość plonu i ewentualne korzyści środowiskowe (Kucharski i in. 2012, 2013). Bazując na badaniach własnych i dostępnej literaturze, można stwierdzić, że odpowiednio dobrany adiuwant zwiększa aktywność biologiczną herbicydu, co przekłada się na skuteczniejsze zwalczanie chwastów, szczególnie tych średnio wrażliwych. W wielu przypadkach łączne stosowanie tych agrochemikaliów umożliwia redukcję dawki herbicydu bez utraty skuteczności chwastobójczej, co dodatkowo daje efekt ekonomiczny i środowiskowy. Obniżanie dawek herbicydów można stosować w przypadku, gdy zabiegi wykonywane są w optymalnych terminach i warunkach pogodowych przewidzianych w instrukcji stosowania. Nie należy natomiast obniżać dawek w przypadkach, gdy zabieg jest opóźniony (nieodpowiednia faza rozwojowa chwastów), występuje duże nasilenie chwastów lub warunki pogodowe nie sprzyjają działaniu preparatów (niska wilgotność powietrza, niska temperatura). W takich sytuacjach zastosowanie adiuwanta umożliwi zachowanie dobrej skuteczności działania bez konieczności wykonywania zabiegów uzupełniających lub zwiększania dawek.

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki z oceny wpływu adiuwantów na skuteczność zwalczania fiołka polnego i rdestówki powojowatej w uprawie grochu. Zastosowanie adiuwantów pozwoliło na obniżenie dawki herbicydu o 20% bez utraty skuteczności zwalczania obu chwastów.



Rys. 2. Wpływ adiuwantów na skuteczność zwalczania chwastów herbicydem Basagran 600 SL na plantacji grochu

Źródło: badania własne

W innych badaniach oceniano skuteczność chwastobójczą oraz wpływ herbicydu zawierającego diflufenikan stosowanego w mieszaninie z adiuwantami w zabiegach przedwzchodowych na pozostałości i jakość ziarna pszenicy ozimej. Herbicyd zawierający diflufenikan (Legato 500 SC) stosowano samodzielnie w dawce pełnej (0,25 l·ha<sup>-1</sup>) i zredukowanej (0,15 l·ha<sup>-1</sup>) oraz w dawce zredukowanej łącznie z adiuwantem. W mieszaninie z herbicydem zastosowano trzy adiuwanty różnego typu: olejowy, surfaktant organosilikonowy oraz adiuwant wieloskładnikowy przeznaczony do zabiegów przedwzchodowych. Zabiegi herbicydowe wykonano jesienią, przed wschodami roślin pszenicy ozimej.

Fitotoksyczność zastosowanych mieszanin oceniano bonitacyjnie (w skali 1:9) 3–4 tygodnie po ich aplikacji oraz wiosną po ruszeniu wegetacji. Ponadto wiosną wykonano ocenę skuteczności chwastobójczej, wykorzystując metodę szacunkową, określającą procentowe zniszczenie chwastów w stosunku do obiektu kontrolnego. W pobranym w czasie zbioru ziarnie przeprowadzono analizy określające podstawowe parametry jakościowe surowca (MTZ, masa hektolitra, wyrównanie ziarna, wskaźnik sedymentacji, liczba opadania, zawartość białka, popiołu i glutenu) oraz pozostałości substancji aktywnej herbicydu.

Badany herbicyd stosowany samodzielnie, jak też w mieszaninie z adiuwantami był selektywny dla roślin pszenicy ozimej (tab. 1). Herbicyd zastosowany w dawce pełnej powodował 90% zniszczenie chwastów. Obniżenie dawki preparatu o 40% spowodowało spadek skuteczności do 78%. Zastosowanie herbicydu w dawce zredukowanej z dodatkiem adiuwantów skutkowało poprawą jego skuteczności w porównaniu z samodzielną aplikacją, a uzyskane średnie zniszczenie chwastów (89–90%) kształtowało się na poziomie porównywalnym z tym, jakie uzyskano dla herbicydu stosowanego samodzielnie w dawce pełnej (tab. 1). Podobną zależność otrzymano w stosunku do plonu ziarna (tab. 2).

Próbki ziarna pszenicy ozimej, pobrane w czasie żniw, poddano analizie jakościowej. Wykazała ona, że stosowanie herbicydu samodzielnie, jak też w mieszaninie z adiuwantami nie wpłynęło istotnie na podstawowe parametry jakościowe plonu, takie jak: masa tysiąca nasion, wyrównanie ziarna, masa hektolitra, liczba opadania, wskaźnik sedymentacji oraz zawartość białka, glutenu i popiołu (tab. 2).

W ziarnie pszenicy ozimej wykonano również badania na obecność pozostałości diflufenikanu. W próbkach ziarna pochodzących z obiektów, na których zastosowano herbicyd w dawce pełnej stwierdzono pozostałości diflufenikanu na poziomie 0,0010 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 2). Redukcja dawki herbicydu powodowała również obniżenie stężenia pozostałości, które kształtowało się na poziomie 0,0004 mg·kg<sup>-1</sup>. W przypadku zastosowania herbicydu w dawce zredukowanej z dodatkiem adiuwanta obserwowano wzrost pozostałości, jednak ich poziom był niższy od tego, jaki stwierdzono na obiektach z pełną dawką herbicydu (0,0005–0,0007 mg·kg<sup>-1</sup>).

Tabela 1

Ocena skuteczności działania herbicydu w zależności od dawki i zastosowanego adiuwanta

Obiekt	Dawka (l·ha <sup>-1</sup> )	F (1:9)	Zniszczenie chwastów (%)						
			APESV	STEME	MATIN	GALAP	VIOAR	BRSNX	THLAR
Kontrola	–	1	8*	10*	6*	6*	15*	9*	7*
Legato 500 SC	0,25	1	92	93	91	96	90	78	92
Legato 500 SC	0,15	1	77	84	80	84	72	70	82
Legato 500 SC	0,15	1	89	90	92	93	87	80	93
+ Atpolan 80 EC	1,0								
Legato 500 SC	0,15	1	91	94	91	95	86	84	90
+ Slippa	0,15								
Legato 500 SC	0,15	1	94	91	88	94	91	85	89
+ BackRow	0,5								

F – fitotoksyczność – wrażliwość roślin na herbicyd w skali 1:9, gdzie:

1 – zniszczenie chwastów, brak działania na roślinę uprawną

9 – brak działania na chwasty, zniszczenie rośliny uprawnej

\*dla kontroli podano liczbę chwastów na m<sup>2</sup>

APESV – *Apera spica-venti*; BRSNX – *Brassica napus*; GALAP – *Galium aparine*; MATIN – *Tripleurospermum inodorum*; STEME – *Stellaria media*; VIOAR – *Viola arvensis*; THLAR – *Thlaspi arvense*

Źródło: badania własne

Tabela 2

Pozostałości diflufenikanu i parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej

Obiekt	Dawka (l·ha <sup>-1</sup> )	Pozostałości (mg·kg <sup>-1</sup> )	Parametry jakościowe								
			plon (t·ha <sup>-1</sup> )	białko (%)	gluten (%)	popiół (%)	MTN (g)	SR (%)	WN (%)	LO (s)	hL (kg·hl <sup>-1</sup> )
Kontrola	–	–	3,52	10,5	24,9	0,82	39,4	34,6	98,1	305	80,5
Legato 500 SC	0,25	0,0010	5,74	11,2	26,8	0,86	38,2	34,1	97,6	312	81,7
Legato 500 SC	0,15	0,0004	4,92	10,4	25,5	0,74	38,0	33,2	98,3	298	81,1
Legato 500 SC + Atpolan 80 EC	0,15 1,0	0,0007	5,64	11,1	24,7	0,91	39,2	34,8	97,8	302	80,2
Legato 500 SC + Slippa	0,15 0,15	0,0006	5,52	10,7	26,4	0,90	39,0	35,6	96,9	310	79,6
Legato 500 SC + BackRow	0,15 0,5	0,0005	5,60	10,5	25,9	0,76	38,7	33,8	97,3	304	81,3

MTN – masa tysiąca nasion (g); WN – wyrównanie ziarna (%); hL – masa hektolitra (kg·hl<sup>-1</sup>); O – liczba opadania (s); SR – wskaźnik sedymentacji (%)

Źródło: badania własne

### Adiuwanty doglebowe

Obecne uregulowania prawne dotyczące racjonalnego stosowania środków ochrony roślin z uwzględnieniem ryzyka dla ludzi i środowiska stały się impulsem do rozwoju badań nad nowymi adiuwantami wspierającymi działanie środków ochrony roślin. Do grupy adiuwantów „zdobywających” rynek środków wspomagających działanie herbicydów należą adiuwanty doglebowe. Wykorzystując dotychczasową wiedzę oraz poznane właściwości adiuwantów, stworzono nową grupę adiuwantów wieloskładnikowych stosowanych w zabiegach przedwzrostowych. Zaletą tych środków jest aktywacja najważniejszych cech, którymi powinien charakteryzować się dobry preparat doglebowy. Pierwszą z nich jest zatrzymanie substancji czynnej w wierzchniej warstwie gleby, co wydłuża czas pobierania przez kiełkujące chwasty. Natomiast druga cecha to spowolniony rozkład herbicydu w pierwszych dniach po zabiegu, a następnie stosunkowo szybki dalszy rozkład, który zapobiega występowaniu ewentualnych pozostałości i nie wpływa niekorzystnie na rośliny następcze w płodozmianie oraz nie powoduje innych negatywnych skutków dla środowiska (McMullan i in. 1998, Kucharski 2020).

Badania nad aktywnością nowych adiuwantów doglebowych, prowadzone między innymi w Zakładzie Herbolgii i Technik Uprawy Roli (IUNG-PIB), dowodzą, że dzięki dodatkowi wspomagacza następuje częściowe zatrzymanie i spowolnienie przenikania herbicydu w głąb gleby, co wydłuża czas działania na chwasty będące już na polu, jak też na te, które dopiero zaczynają kiełkować. Taki efekt jest pożądanym szczególnie w sytuacji, gdy niedługo po wykonaniu zabiegu herbicydowego występują niekorzystne warunki pogodowe, jak np. susza i niska temperatura powietrza. W takich

warunkach rozwój rośliny uprawnej i chwastów jest zahamowany lub znacząco spowolniony. Aplikowany herbicyd jest pobierany przez rośliny tylko w ograniczonych ilościach, a reszta ulega rozkładowi lub przemieszcza się w głąb profilu glebowego, poniżej strefy korzeniowej. Adiuwanty doglebowe zwiększają aktywność molekuł substancji czynnej herbicydu do tworzenia wiązań z cząstkami gleby, co ogranicza ich migrację i rozkład. Zaleganie herbicydu w powierzchniowej warstwie gleby, szczególnie w profilu 0–5 cm, wydłuża okres jego dostępności dla roślin. Proces ten nie wpływa jednak na zanieczyszczenie gleby, gdyż w powierzchniowej jej warstwie występują inne czynniki, jak: wyższa temperatura, dostęp światła, duża liczba mikroorganizmów glebowych itp., które sprzyjają rozkładowi.

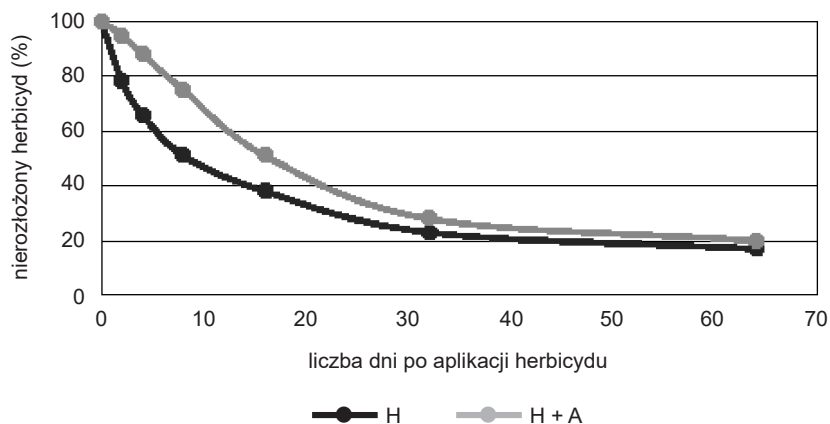
Zatrzymanie herbicydu w warstwie powierzchniowej gleby jest również korzystne w sytuacji, gdy po zabiegu herbicydowym występują obfite opady deszczu, które w normalnych warunkach (bez dodatku adiuwanta) powodują szybkie przemieszczanie herbicydu wraz z wodą opadową w głębsze warstwy gleby, niedostępne dla roślin. Wykorzystanie w adiuwantach doglebowych substancji powierzchniowo-czynnych umożliwia również równomierne pokrycie powierzchni gleby (tworzenie mikrofilmu), penetrację gruzełków, co ułatwia wnikanie herbicydu w strefę kiełkowania chwastów.

Na rysunkach 3 i 4 zilustrowano przykładowe wyniki badań dotyczące omawianych właściwości adiuwanta doglebowego nowej generacji.

W badaniu szybkości rozkładu porównywano dwa obiekty: glebę, na którą zaaplikowano sam herbicyd i glebę, gdzie zastosowano ten sam herbicyd, w takiej samej dawce, ale z dodatkiem adiuwanta doglebowego. Próbki do analizy pozostałości nierozłożonej substancji aktywnej pobierano w ustalonych odstępach czasu. Na podstawie uzyskanych wyników wykreślono krzywą rozkładu, czyli zależność stężenia herbicydu w glebie od czasu. Jak można zauważyć na rysunku 3, w początkowym okresie od aplikacji herbicydu dodatek adiuwanta znacząco spowalnia rozkład. Taką tendencję obserwujemy do ok. 30 dnia od momentu wykonania zabiegu. Następnie odnotowujemy przyspieszenie procesu i obie krzywe są do siebie zbliżone, co świadczy o tym, że po 60 dniach stężenie nierozłożonego herbicydu w obu obiektach jest podobne.

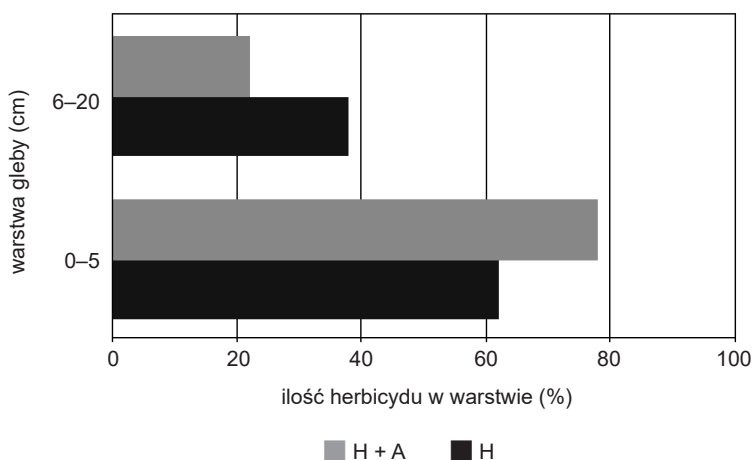
W drugim doświadczeniu laboratoryjnym oceniano przemieszczanie herbicydu w profilu glebowym. Próbki gleby z warstwy 0–20 cm zostały pobrane z zachowaniem ich profilu do kolumn, które ustawiono pionowo. Wykonano zabieg herbicydowy (tak samo jak w poprzednim doświadczeniu). Po 20 godzinach w komorze deszczowania przeprowadzono zabieg symulujący opad atmosferyczny (intensywność opadu – 20 l·m<sup>-2</sup>). Po upływie doby od deszczowania profile glebowe zostały wytłoczone i przecięte na dwie części (0–5 i 6–20 cm), w których oznaczono stężenie substancji aktywnej herbicydu.

Zastosowanie adiuwanta doglebowego spowodowało, że w powierzchniowej warstwie gleby pozostało 78% zaaplikowanej dawki herbicydu (rys. 4). Po zastosowaniu samego herbicydu (bez adiuwanta) stwierdzono, że aż 38% dawki początkowej, pod wpływem intensywnych opadów, zostało przemieszczone poniżej strefy kiełkowania roślin (poniżej 5 cm).



Rys. 3. Rozkład herbicydu w glebie (H – herbicyd; A – adiuwant doglebowy)

Źródło: badania własne



Rys. 4. Przemieszczanie herbicydu w glebie (H – herbicyd; A – adiuwant doglebowy)

Źródło: badania własne

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że łączna aplikacja herbicydu z adiuwantem w zabiegu doglebowym umożliwia spowolnienie rozkładu oraz ograniczenie przemieszczania herbicydu w głąb profilu glebowego. Dzięki temu wzrasta skuteczność chwastobójcza herbicydu. Stosowanie adiuwantów doglebowych ma również znaczenie proekologiczne, gdyż ograniczenie mobilności herbicydów w glebie redukuje ryzyko przedostawania się tych substancji do wód powierzchniowych i gruntowych, które stanowią potencjalne źródło wody pitnej.



## Sklejacze – adiuwanty dedykowane

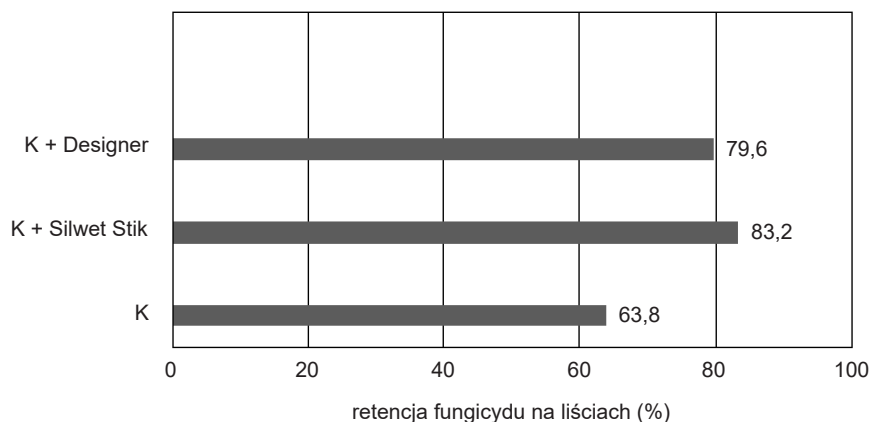
W ostatnich latach prowadzono wiele badań nad nowymi, wyspecjalizowanymi adiuwantami dedykowanymi do odpowiednich zabiegów. Przykładem może być grupa wspomagaczy o właściwościach sklejących, często zawierających w swym składzie dodatek syntetycznego lateksu (Gaskin i in. 2014). Środki sklejące są stosowane np. w uprawie rzepaku przed zbiorem. Sklejanie łuszczyn zapobiega osypywaniu się nasion, co wpływa na wielkość zebranego plonu i zdecydowane ograniczenie (plon utracony) następczego zachwaszczenia uprawy samosiewami rzepaku. Dodatek lateksu ma również zastosowanie w produkcji substancji wspomagających (adiuwantów) przeznaczonych do pestycydowych zabiegów nalistnych w celu ograniczenia zmywania substancji aktywnej z liści roślin, szczególnie w okresie wystąpienia intensywne opadów atmosferycznych niedługo po wykonaniu zabiegu (Gent i in. 2003, Foster i in. 2006). W takich sytuacjach czas przebywania środka na powierzchni rośliny znacząco wpływa na jego skuteczność. Przebieg pogody, a szczególnie zmiany obserwowane w ostatnich latach narażają rolników na trudności wynikające z częstych, występujących lokalnie, trudnych do przewidzenia, intensywnych opadów deszczu. W praktyce, jeżeli opad wystąpi niedługo po wykonaniu zabiegu, może spowodować utratę skuteczności i narażać farmera na dodatkowe koszty powtórnego zabiegu, a środowisko i konsumenta na ryzyko zanieczyszczenia produktu i gleby. Zmniejszenie retencji ogranicza wnikanie substancji aktywnej do rośliny (preparaty o działaniu układowym) lub działanie środka na powierzchni (np. fungicydy o działaniu kontaktowym), co w efekcie osłabia skuteczność ochrony przed agrofagami (Thacker i Young 1999, Gent i in. 2003).

W doświadczeniu prowadzonym w warunkach laboratoryjnych oceniano wpływ adiuwantów zawierających w swym składzie dodatek syntetycznego lateksu (Silwet Stik i Designer) na retencję fungicydu Captan 80 WG na powierzchni liści jabłoni po symulowanym opadzie deszczu (Zajączkowska i in. 2019).

Brak różnic w stężeniu kaptanu w próbkach pobranych po zabiegu fungicydowym, niepoddanych deszczowaniu, potwierdził, że zastosowany fungicyd o działaniu kontaktowym w okresie trwania doświadczenia nie uległ rozkładowi i nie wniknął do liści. Symulowane opady deszczu spowodowały, że 30–36% fungicydu zostało zmytych z powierzchni liści jabłoni. Zastosowanie adiuwanta z dodatkiem lateksu (Silwet Stik i Designer) powodowało wzrost retencji kaptanu na powierzchni liści jabłoni w porównaniu z obiektem kontrolnym (sam fungicyd) o 16–19%. Uzyskane wyniki zamieszczono na rysunku 5, gdzie retencję kaptanu wyrażono jako procent stężenia początkowego oznaczonego przed symulacją opadów deszczu.

Dotychczasowe badania licznych autorów (Thacker i Young 1999, Gaskin i Steele 2009, Gaskin i in. 2014) również potwierdziły korzystny wpływ dodatku adiuwantów lateksowych na wzrost retencji pestycydu, czy też nawozów płynnych na powierzchni rośliny. Dodatek syntetycznego lateksu lub związków terpenowych

powodował, że pod wpływem promieni UV następowała polimeryzacja wiążąca agrochemikalia na powierzchni rośliny. Powstała błona utrudniała zmywanie preparatu przez okres kilku dni, a następnie ulegała biodegradacji (Gaskin i Steele 2009).



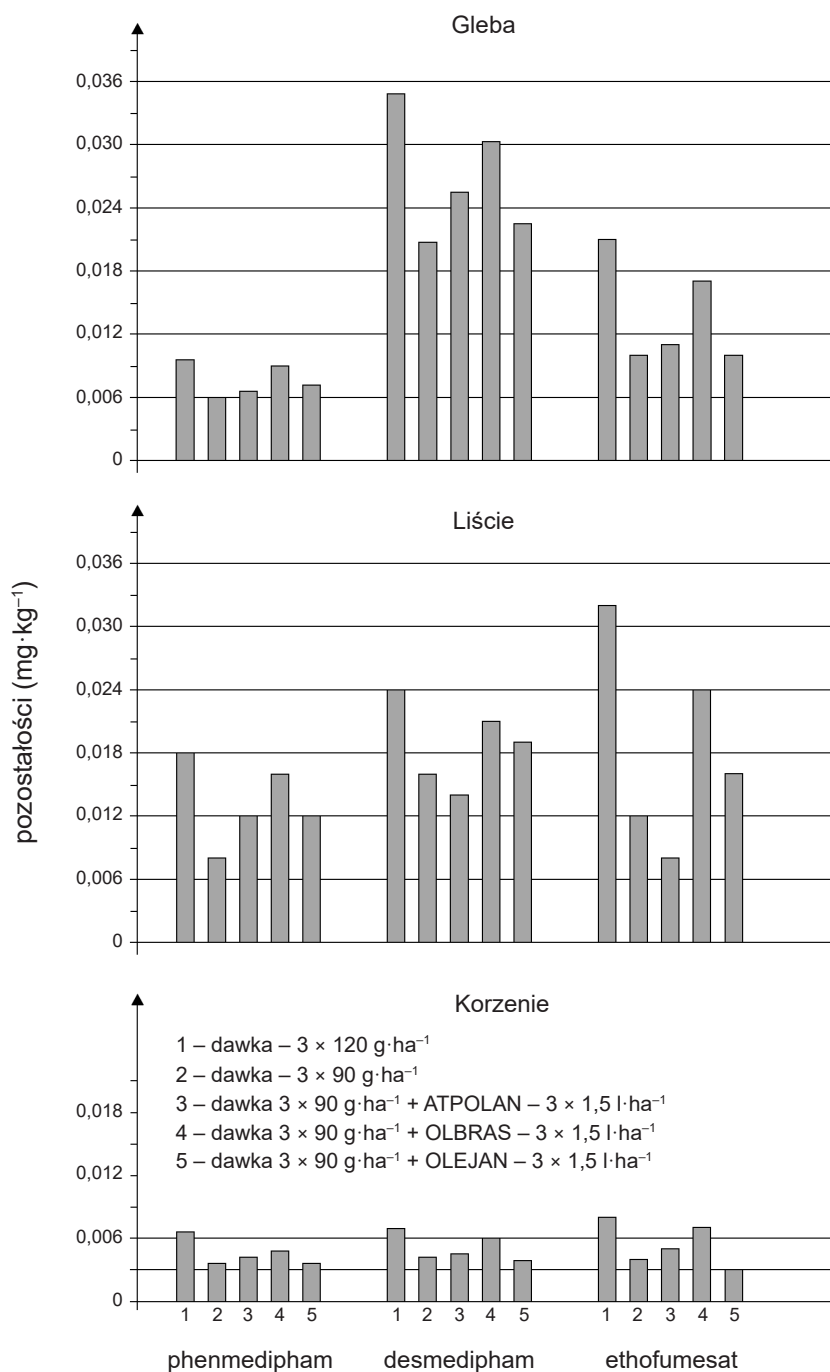
Rys. 5. Zatrzymanie fungicydu na liściach jabłoni

Źródło: badania własne

### Wpływ adiuwantów na zachowanie się herbicydów w środowisku

W wielu krajowych i zagranicznych ośrodkach naukowych prowadzone są badania mające na celu określenie wpływu, jaki stosowane agrochemikalia (w zależności od warunków pogodowych, glebowych i sposobu aplikacji) wywierają na środowisko wodne, glebowe i roślinne (stężenie pozostałości, dynamika rozkładu) (Horbowicz i Dobrzański 1987). Do tych prac należą również badania nad wpływem substancji wspomagających (adiuwantów).

Wyniki uzyskane z doświadczeń polowych (Kucharski i Sadowski 2009, Kucharski i in. 2011) wskazują, że w ok. 50–70% prób gleby i materiału roślinnego stwierdzono nieznaczny wzrost stężenia pozostałości substancji aktywnych herbicydów po zastosowaniu ich z adiuwantami w porównaniu z obiektami, gdzie aplikowano sam herbicyd. Nie stwierdzono jednak, by dodatek adiuwantów powodował tak wysoki wzrost pozostałości, by doszło do przekroczenia dopuszczalnych stężeń pozostałości określonych w normach (NDP). Na rysunku 6 przedstawiono przykładowe wyniki analiz pozostałości trzech substancji aktywnych herbicydów badanych w glebie, liściach i korzeniach buraka cukrowego (Kucharski 2003, Kucharski i in. 2004). W doświadczeniu tym herbicydy aplikowane były w dawce pełnej, rekomendowanej oraz w dawce obniżonej zarówno bez dodatku adiuwantów, jak i z ich domieszką. Dodatek adiuwanta powodował niewielki wzrost oznaczanych pozostałości, jednak zawsze poziom pozostałości był niższy od tego, który stwierdzono w przypadku zastosowania pełnych, rekomendowanych dawek herbicydów (bez adiuwanta).



Rys. 6. Wpływ adiuwantów na poziom pozostałości w glebie, liściach i korzeniach buraka cukrowego  
 Źródło: badania własne

Adiuwanty, trafiając do gleby, mogą powodować zmianę jej właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Skutkiem tego zmienia się penetracja i pojemność wodna gleby oraz mobilność czy trwałość herbicydu (Bayer i Foy 1982). Stwierdzono, że dodatek adiuwanta powoduje zmniejszenie mobilności herbicydów w profilu glebowym, co może powodować wzrost poziomu pozostałości w warstwie ornej. Z drugiej zaś strony szybkość rozkładu wielu substancji aktywnych w tej warstwie gleby uzależniona jest od warunków pogodowych (wyższa temperatura i wilgotność gleby sprzyja szybszemu rozkładowi). Badania laboratoryjne i polowe wykazały, że dodatek adiuwanta spowalnia proces rozkładu wielu substancji aktywnych herbicydów, np.: trifluraliny (Swarcewicz 1996), atrazyny (Kostowska i Sadowski 1992) i fenmedifamu (Kucharski 1998) w glebie. Przebieg tego procesu jest różny w zależności od badanych substancji aktywnych i rodzaju adiuwanta, a także od warunków, w których odbywały się doświadczenia (szklarnia i pole).

### Podsumowanie

Wiele badań wskazuje, że łączne stosowanie pestycydów z adiuwantami pozwala na zmniejszenie dawki preparatu o ok. 20–30% bez utraty skuteczności działania. Takie rozwiązanie umożliwia redukcję kosztów poniesionych na zakup środków chemicznych, jak również powinno ograniczyć ryzyko występowania pozostałości substancji aktywnych preparatów w glebie i uprawianej roślinie lub znacząco zredukować ich poziom. Nie należy jednak samowolnie ustalać dawek adiuwantów. Dawka, którą ustalił producent była wielokrotnie testowana. Spośród wielu dawek wybrano najbardziej optymalną, dającą najlepsze efekty. Zmniejszenie lub zwiększenie ilości adiuwanta może przynieść skutek odwrotny, tzn. pogorszyć efektywność stosowanego środka ochrony roślin. Należy również pamiętać, że nie ma adiuwantów uniwersalnych – do wszystkiego. Pod tym względem problemem jest brak konieczności prowadzenia badań rejestracyjnych czy choćby istnienia bazy zastosowań adiuwantów uwzględniającej preparaty i uprawy, w których są zalecane. Konkretny adiuwant może doskonale wspomagać działanie jednego lub grupy preparatów, natomiast w przypadku zastosowania z innymi nie obserwuje się żadnych różnic lub co gorsze, występuje efekt antagonistyczny, czyli pogorszenie skuteczności działania. Takim przykładem mogą być adiuwanty zawierające substancje obniżające pH cieczy opryskowej (zakwaszające). Jest to efekt pozytywny w przypadku wielu fungicydów, natomiast zastosowanie tych substancji z herbicydami z grupy pochodnych sulfonilomocznika, glifosatu czy fenoksykwasów powoduje znaczące obniżenie skuteczności działania.

Obecny trend w ograniczaniu stosowania chemicznych środków w ochronie roślin jest siłą napędową w badaniach i wprowadzaniu na rynek rolniczy nowych środków wspomagających, szczególnie tych dedykowanych konkretnym zastosowaniom. Przykładem mogą być substancje umożliwiające zatrzymanie wilgoci w glebie (okresy suszy) czy preparaty ograniczające wymywanie składników odżywczych

z wierzchniej warstwy gleby – łączne stosowanie nawozów z adiuwantami (Kucharski i Sienkiewicz-Cholewa 2023)

## Literatura

1. Adamczewski K., Praczyk T.: Rape seed oil as a herbicide adjuvant in Poland. Proc. 4<sup>th</sup> Internat. Symp. Adjuvants for Agrochemicals, Melbourne, 1995, p. 374-378.
2. Bayer D.E., Foy C.L.: Action and fate of adjuvants in soils. Weed Science, 1982, **34**: 84-92.
3. Beckett T.H., Stoller E.W.: Effect of methylammonium and urea ammonium nitrate on foliar uptake of thifensulfuron in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science, 1991, **39**: 333-338.
4. Beckett T.H., Stoller E.W., Bode L.E.: Quizalofop and setoxydim activity as affected by adjuvants and ammonium fertilizers. Weed Science, 1992, **40**: 12-19.
5. Foster D.K., Taylor W.A., Parsons R.G.: Effects of adjuvants on the deposition, retention and efficacy of pesticides. Aspects of Applied Biology, 2006, **77(1)**: 127-132.
6. Gaskin R.E., Manktelow D.W.L., Northcott G.L.: Effects of adjuvants on distribution and rainfastness of captan sprays on apple leaf scars to control European canker. New Zealand Plant Protection, 2014, **67**: 139-144.
7. Gaskin R.E., Steele K.D.: A comparison of sticker adjuvants for their effects on retention and rainfastening of fungicide spray. New Zealand Plant Protection, 2009, **62**: 339-342.
8. Gent D.H., Schwartz H.F., Nissen S.J.: Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. Plant Disease, 2003, **87**: 591-597.
9. Horbówicz M., Dobrzański A.: Dynamika zanikania pozostałości chizalofopu etylowego w buraku ćwikłowym, pietruszce i truskawkach. Mat. **27** Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, 1987, s. 211-214.
10. Knoche M.: Organosilicone surfactant performance in agricultural spray application: a review. Weed Research, 1994, **34**: 221-239.
11. Kostowska B., Sadowski J.: The influence of adjuvants on atrazine degradation in plants and soil. Mat. **32** Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, 1992, p. 260-267.
12. Kucharski M.: Influence of herbicide and adjuvant application on residues in soil and plant of sugar beet. Journal of Plant Protection Research, 2003, **43(3)**: 225-232
13. Kucharski M.: Nowa generacja wieloskładnikowych adiuwantów doglebowych w ochronie roślin. Badania polowe i laboratoryjne. Przemysł Chemiczny, 2020, **99(4)**: 577-580.
14. Kucharski M.: Wpływ herbicydów stosowanych łącznie z adiuwantami na poziom ich pozostałości w buraku cukrowym. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 1998, **38(2)**: 602-605.
15. Kucharski M., Kalitowska O., Wujek B.: Nowe środki wspomagające chemiczną ochronę roślin. Przemysł Chemiczny, 2015, **94(3)**: 397-399.
16. Kucharski M., Sadowski J.: Influence of adjuvants on behavior of phenmedipham in plant and soil environment. Polish Journal of Agronomy, 2009, **1**: 32-36.
17. Kucharski M., Sadowski J., Domaradzki K.: Wpływ adiuwantów na pozostałości metatitronu stosowanego przed- i powstchodowo w uprawie buraka cukrowego. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2004, **44(2)**: 887-889.
18. Kucharski M., Sadowski J., Kalitowska O.: Wpływ terminu aplikacji oraz dodatku adiuwanta na pozostałości chlorotoluronu i jakość ziarna pszenicy ozimej. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2013, **53(2)**: 379-385.
19. Kucharski M., Sadowski J., Kieloch R.: Adiuwanty w zabiegach przedwstchodowych – wpływ na skuteczność diflufenikanu i jakość ziarna pszenicy ozimej. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2012, **52(1)**: 51-54.

- 
20. Kucharski M., Sadowski J., Wujek B., Trajdos J.: Influence of adjuvant addition on lenacil residues in plant and soil. *Polish Journal of Agronomy*, 2011, **5**: 39-49.
  21. Kucharski M., Sienkiewicz-Cholewa U.: Wpływ adiuwantów na mobilność azotu i herbicydów w glebie. *Przemysł Chemiczny*, 2023, **102(4)**: 376-380.
  22. McMullan P.M., Thomas J.M., Volgas G.: HM9679 – A spray adjuvant for soil-applied herbicides. *Proc. 5<sup>th</sup> Intern. Symp. Adjuvants for Agrochemicals*, Memphis, USA, 1998, p. 285-290.
  23. Praczyk T.: Rozwój badań i zastosowań adiuwantów w Polsce. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2001, **41(1)**: 110-113.
  24. Rogers L.M.: New trends in the formulation of adjuvants. *Proc. 4<sup>th</sup> Intern. Symp. Adjuvants for Agrochemicals*, Melbourne, Australia, 1995, p. 1-10.
  25. Stevens P.J.G.: Organosilicones as adjuvants for graminicides. *Proc. Brighton Crop Prot. Conf. Weeds*, 1995, **2**: 757-763.
  26. Szwarczewicz M.: Wpływ adiuwantów olejowych na trwałość trifluraliny w glebie lekkiej. *Zeszyty Naukowe AR Szczecin*, 1996, **173(63)**: 211-217.
  27. Thacker J.R.M., Young R.D.F.: The effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. *Pesticide Science*, 1999, **55**: 198-218.
  28. Woźnica Z., Idziak R., Szewczyk R.: Nowy, wielofunkcyjny adiuwant do herbicydów opartych na glifosacie. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2004, **44**: 531-537.
  29. Zajączkowska O., Kaczmarek D., Kucharski M.: Wpływ adiuwantów zawierających lateks na retencję fungicydu kaptan na liściach jabłoni. *Przemysł Chemiczny*, 2019, **98(1)**: 79-81.
- 

Adres do korespondencji:

*prof. dr hab. Mariusz Kucharski*  
*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61,*  
*50-540 Wrocław*  
*tel. 81 47 86 856*  
*e-mail: m.kucharski@iung.wroclaw.pl*

---

AUTOR  
Mariusz Kucharski

ORCID  
0000-0001-7631-2084





W serii wydawniczej „RAPORTY PIB”, a od 2007 r. „STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB” ukazały się następujące pozycje:

1. *Wybrane aspekty agrochemicznych badań gleby*. Puławy, 2006.
2. *Zasady wprowadzania nawozów do obrotu*. Puławy, 2006.
3. *Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2006.
4. *Monitoring skutków środowiskowych planu rozwoju obszarów wiejskich*. Puławy, 2007.
5. *Sprawdzenie przydatności wskaźników do oceny zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach i województwach*. Puławy, 2007.
6. *Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*. Puławy, 2007.
7. *Współczesne uwarunkowania organizacji produkcji w gospodarstwach rolniczych*. Puławy, 2007.
8. *Efektywne i bezpieczne metody regulacji zachwaszczenia, nawożenia i uprawy roli*. Puławy, 2007.
9. *Wybrane elementy technologii produkcji roślinnej*. Puławy, 2007.
10. *Problem erozji gleb w procesie przemian strukturalnych na obszarach wiejskich*. Puławy, 2008.
11. *Uprawa roślin energetycznych a wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce*. Puławy, 2008.
12. *Wybrane zagadnienia systemów informacji przestrzennej i obszarów problemowych rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2008.
13. *Tworzenie postępu biologicznego w hodowli tytoniu i chmielu*. Puławy, 2008.
14. *Kierunki zmian w produkcji roślinnej w Polsce do roku 2020*. Puławy, 2009.
15. *Wybrane elementy regionalnego zróżnicowania rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2009.
16. *Systemy wspomagania decyzji w zrównoważonej produkcji roślinnej*. Puławy, 2009.
17. *Stan i kierunki zmian w produkcji rolniczej (wybrane zagadnienia)*. Puławy, 2009.
18. *Produkcyjne i środowiskowe aspekty współczesnych metod nawożenia i regulacji zachwaszczenia*. Puławy, 2009.
19. *Oddziaływanie rolnictwa na środowisko przyrodnicze w warunkach zmian klimatu*. Puławy, 2010.
20. *Ocena zrównoważenia gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach, powiatach i województwach*. Puławy, 2010.
21. *Możliwości rozwoju obszarów problemowych rolnictwa (OPR) w świetle PROW 2007–2013*. Puławy, 2010.
22. *Możliwości rozwoju gospodarstw o różnych kierunkach produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2010.
23. *Związki fitogeniczne jako naturalna alternatywa antybiotykowych promotorów wzrostu*. Puławy, 2010.
24. *Wybrane aspekty przemian strukturalnych na obszarach wiejskich*. Puławy, 2010.
25. *Stan obecny i perspektywy nawożenia roślin w Polsce w aspekcie regulacji prawnych*. Puławy, 2010.
26. *Stan obecny i perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*. Puławy, 2010.
- 27(1). *Środowiskowe skutki działalności rolniczej i wdrażania PROW na obszarach problemowych rolnictwa*. Puławy, 2011.

- 28(2). *Techniki i technologie stosowane w produkcji roślinnej a środowisko przyrodnicze*. Puławy, 2012.
- 29(3). *Problemy zrównoważonego gospodarowania w produkcji rolniczej*. Puławy, 2012.
- 30(4). *Doskonalenie integrowanych technologii produkcji zbóż jarych i roślin pastewnych ze szczególnym uwzględnieniem początkowych elementów agrotechniki*. Puławy, 2012.
- 31(5). *Rola badań naukowych w kształtowaniu postępu w produkcji chmielu i tytoniu*. Puławy, 2012.
- 32(6). *Wybrane aspekty zrównoważonego rozwoju i specjalizacji gospodarstw rolniczych*. Puławy, 2013
- 33(7). *Działalność Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-PIB w Puławach w zakresie wspierania doradztwa i praktyki rolniczej*. Puławy, 2013.
- 34(8). *Problemy gospodarki nawozowej w Polsce*. Puławy, 2013.
- 35(9). *Zagrożenia dla prawidłowego funkcjonowania gleb użytkowanych rolniczo – wybrane zagadnienia*. Puławy, 2013.
- 36(10). *Zmiany w technologiach produkcji roślinnej – oceny i wpływ na środowisko rolnicze*. Puławy, 2014.
- 37(11). *Dobre praktyki w nawożeniu*. Puławy, 2014.
- 38(12). *Jakość informacji w systemach wspomagania decyzji*. Puławy, 2014.
- 39(13). *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii pochodzenia rolniczego i ich wpływ na środowisko*. Puławy, 2014.
- 40(14). *Wybrane problemy rolnictwa polskiego z uwzględnieniem stanu jego zrównoważenia*. Puławy, 2014.
- 41(15). *Technologie produkcji zbóż i roślin pastewnych warunkujące wysoki plon i dobrą jakość*. Puławy, 2014.
- 42(16). *Podstawy nowoczesnego doradztwa nawozowego w Polsce*. Puławy, 2015.
- 43(17). *Wybrane problemy produkcji rolniczej z uwzględnieniem aspektu dóbr publicznych*. Puławy, 2015.
- 44(18). *Wybrane zagadnienia produkcji roślinnej w Polsce*. Puławy, 2015.
- 45(19). *Kształtowanie żyzności gleby*. Puławy, 2015.
- 46(20). *Wybrane zagadnienia związane z ochroną gleb przed degradacją*. Puławy, 2015.
- 47(1). *Problemy produkcji rolniczej w Polsce w kontekście ich oddziaływania na środowisko*. Puławy, 2016.
- 48(2). *Innowacje w nawożeniu*. Puławy, 2016.
- 49(3). *Siedliskowe i agrotechniczne uwarunkowania produkcji roślinnej w Polsce*. Puławy, 2016.
- 50(4). *Technologie produkcji roślinnej w warunkach zmieniającego się klimatu*. Puławy, 2016.
- 51(5). *Krajowe bazy danych o glebach*. Puławy, 2017.
- 52(6). *Redukcja emisji gazów cieplarnianych i amoniaku oraz metody adaptacji do zmian klimatu (wybrane zagadnienia)*. Puławy, 2017.
- 53(7). *Nawożenie a środowisko*. Puławy, 2017.
- 54(8). *Jakość gleb użytkowanych rolniczo i wskaźniki jej oceny*. Puławy, 2017.
- 55(9). *Uwarunkowania i kierunki zmian produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2018.
- 56(10). *Aktualne problemy nawożenia*. Puławy, 2018.
- 57(11). *Technologie produkcji roślinnej w warunkach zmieniającego się klimatu*. Puławy, 2018.

- 58(12).** *Stan zagrożeń dla jakości gleb w Polsce.* Puławy, 2018.
- 59(13).** *Środowiskowe aspekty gospodarki nawozowej.* Puławy, 2019.
- 60(14).** *Znaczenie postępu biologicznego i technologicznego w produkcji zbóż i roślin strączkowych.* Puławy, 2019
- 61(15).** *Wybrane zagadnienia agrotechniki roślin uprawnych.* Puławy, 2020.
- 62(16).** *Uwarunkowania i perspektywy rozwoju produkcji rolniczej w różnych regionach Polski.* Puławy, 2020.
- 63(17).** *Nawożenie – aspekty produkcyjne i środowiskowe.* Puławy, 2020.
- 64(18).** *Zagrożenia dla jakości gleb w Polsce – część II.* Puławy, 2020.
- 65(19).** *Teoretyczne podstawy racjonalnego nawożenia.* Puławy, 2021.
- 66(20).** *Zrównoważone użytkowanie i ochrona gleb jako element Europejskiego Zielonego Ładu.* Puławy, 2021.
- 67(21).** *Rolnictwo polskie wobec wyzwań klimatycznych.* Puławy, 2022.
- 68(22).** *Osiągnięcia i wyzwania produkcji chmielu i tytoniu.* Puławy, 2022.
- 69(23).** *Możliwości ograniczenia strat składników pokarmowych w perspektywie wdrażania wybranych strategii Europejskiego Zielonego Ładu.* Puławy, 2022.
- 70(24).** *Rolnictwo ekologiczne w Polsce.* Puławy, 2023.
- 71(25).** *Gospodarka wodna w rolnictwie jako element adaptacji do zmian klimatu ekologiczne w Polsce.* Puławy, 2023.

## WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej „STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB” publikowane są recenzowane prace wykonane w ramach dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

W zeszytach problemowych o charakterze monografii, wydawanych w ramach tej serii, mogą być zamieszczane również prace autorów spoza IUNG-PIB, które merytorycznie mieszczą się w tematyce zadań programu wieloletniego. **Publikowane są prace problemowe, głównie mające charakter przeglądowy, z podkreśleniem znaczenia omawianych zagadnień dla rolnictwa polskiego.**

### Wydruk tekstu do recenzji:

czcionka 12 p., z odstępem 1,5-wierszowym

### Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word,
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: słowa kluczowe, wstęp, wyniki i dyskusja bądź omówienie wyników, podsumowanie lub wnioski, literatura, dane kontaktowe, nr ORCID

### tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

### tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 13 cm (tabele w pionie) lub 19 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- pod tabelą przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

### rysunki/fotografie

- czarno-białe/kolorowe (możliwie duża rozdzielczość)
- wykresy w programie Word, Excel lub Corel
- wymiary w zakresie 13 cm×19 cm
- w podpisach czcionka 9 p.
- na nośniku lub w oddzielnych plikach
- pod rysunkiem przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

### jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. t·ha<sup>-1</sup>)

### literatura

- spis literatury na końcu pracy w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (pełna nazwa), rok, numer (pismo pogrubione), strony,
- cytowanie w tekście – jako nazwisko autora (autorów) i rok wydania (w nawiasach okrągłych).

Pracę do recenzji należy złożyć w 1 egzemplarzu. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany złożyć/przesłać do Redakcji, a ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, przesłać e-mailem.

Dane kontaktowe:  
mgr Katarzyna Mikulska  
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
e-mail: [kmikulska@iung.pulawy.pl](mailto:kmikulska@iung.pulawy.pl)