

Projekt okładki i stron tytułowych **Przemysław Spiechowski**

Ilustracje na okładce **Kazimierz Adamczewski**

Recenzent prof. dr hab. **Adam Dobrzański**

Wydawca **Małgorzata Nawrot**

Redaktor **Krystyna Kruczyńska**

Produkcja **Mariola Grzywacka**

Łamanie **W-TEAM, Marek Woźniak**

Książka wydana dzięki pomocy finansowej  **Dow AgroSciences**

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo  
Więcej na [www.legalnakultura.pl](http://www.legalnakultura.pl)  
*Polska Izba Książki*

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
Warszawa 2014

ISBN 978-83-01-17596-2

Wydanie 1

Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
infolinia 801 33 33 88  
tel. 22 69 54 321; faks 22 69 54 288  
e-mail: [pwn@pwn.com.pl](mailto:pwn@pwn.com.pl); [www.pwn.pl](http://www.pwn.pl)

---

## Przedmowa

---

Podejmując na przełomie XX i XXI wieku intensywne badania związane z odpornością chwastów na herbicydy, napotkałem wiele problemów. Okazało się bowiem, że wiedza na temat odporności chwastów na herbicydy w Polsce jest uboga, a przy tym bardzo rozproszona. Brak jest opracowań syntetycznych, które obejmowałyby wszystkie zagadnienia związane z tą tematyką, dostępne są jedynie dane fragmentaryczne. W literaturze angielskojęzycznej występuje wiele opracowań z zakresu odporności chwastów na herbicydy, w tym także opracowań książkowych. Natomiast w Polsce dostępność opracowań naukowych o charakterze podstawowym z zakresu odporności chwastów na herbicydy jest skromna. Brak takich opracowań był jednym z zasadniczych motywów napisania tej książki. Mając na uwadze potrzebę dostarczenia czytelnikowi obszernej informacji, starałem się zebrać bogatą literaturę z tego zakresu, szczególnie angielskojęzyczną, i wykorzystać zawartą w niej wiedzę w trakcie pisania. Pomocne były także dość częste kontakty i spotkania grupy roboczej herbologów zajmujących się odpornością w ramach European Weed Research Society (EWRS), w których brałem aktywny udział. Przygotowałem materiały z nadzieją, że niniejsze opracowanie książkowe w pewnym stopniu będzie wypełnieniem luki w tej dziedzinie w polskiej herbologii. Znajdują się tu informacje dotyczące zagadnień podstawowych i praktycznych rozwiązań wynikających z ujemnych skutków uodpornienia się chwastów na herbicydy. Jest to pierwsza książka o tematyce odporności chwastów na herbicydy w Polsce, dlatego informacje w niej zawarte mogą zawierać pewne niedociągnięcia. Podany wykaz literatury, z której korzystano podczas przygotowania tekstu, pozwoli czytelnikowi sięgnąć do materiałów źródłowych, co wpłynie na dodatkowe pogłębienie wiedzy. W czasie opracowania natknąłem się na wiele problemów, szczególnie językowych. Dotyczą one głównie braku odpowiedników definicji i określeń w języku polskim, powszechnie używanych w języku angielskim.

Przykładem tego może być określenie mechanizmu odporności „target-site resistance” i „non target-site resistance”. Przetłumaczenie tych pojęć na język polski nie jest łatwe. Szczegółowe wyjaśnienie tych określeń jest zamieszczone w dalszej części książki. Herbologia, jako młoda dyscyplina naukowa w ochronie roślin, rozwija się niezwykle dynamicznie, a badania dotyczące odporności chwastów na herbicydy są jedną z najbardziej i najszybciej rozwijających się dziedzin. Corocznie przybywa wiele nowych i ważnych informacji z tego zakresu, a uzyskane nowe dane zmuszają niejednokrotnie do rewizji dotychczasowych poglądów.

Książka jest przeznaczona dla szerokiej rzeszy odbiorców zajmujących się ochroną roślin. Może być pomocna dla studentów rolnictwa i ogrodnictwa, ale także nauk biologicznych, zajmujących się tematyką roślin segetalnych i odpornością. Podane tu informacje mogą być przydatne dla doktorantów, pracowników naukowych, nauczycieli szkół średnich oraz doradców i pracowników różnych szczebli zajmujących się ochroną roślin. Książka może być także pomocna dla pracujących w dziale doradztwa w firmach dystrybucyjnych i produkujących środki ochrony roślin oraz dla osób zajmujących się uprawą roślin, czyli producentów rolnych.

Do napisania tej książki zmobilizowało mnie także to, iż niektóre wyniki badań nad odpornością chwastów uzyskane w polskich placówkach naukowych są mało znane w świecie, a stwierdzone odporności nie są odnotowywane na liście Herbicide Resistance Action Committee (HRAC). Wynika to często z niedociągnięć metodycznych podczas wykonywanych badań. Dlatego w książce zamieszczono także rozdział poświęcony metodom badawczym.

Jest moim miłym obowiązkiem złożyć serdeczne podziękowanie Panu prof. dr. hab. Adamowi Dobrzańskiemu za trud podjęcia się recenzji książki. Wiele cennych i życzliwych uwag niewątpliwie wzbogaciło wartość merytoryczną opracowania. Chciałbym także serdecznie podziękować prof. dr. hab. Marii Krzakowej z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, prof. dr. hab. Stefanowi Pruszyńskiemu z Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu, prof. dr. hab. Grzegorzowi Skrzypczakowi z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu i prof. dr. hab. Jerzemu Giebelowi z Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu za wiele cennych uwag w czasie przygotowywania manuskryptu. W technicznym przygotowaniu materiałów ilustracyjnych dużą pomocą służył mgr inż. Sławomir Młynarek. Wykonał on także zdjęcia nasion chwastów. Za uzyskaną pomoc serdecznie dziękuję. Podziękowania należą się również memu wnukowi Adamowi, który służył mi pomocą w czasie przygotowania materiału poglądowego.

Poznań, grudzień 2013 r.

*Kazimierz Adamczewski*

---

## Spis treści

---

<b>I. Wstęp . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>II. Biologia i ekologia chwastów w zależności od długości życia osobniczego i sposobu rozmnażania . . . . .</b>	<b>14</b>
II.1. Chwasty krótkotrwałe . . . . .	16
II.2. Chwasty dwuletnie . . . . .	17
II.3. Chwasty wieloletnie . . . . .	18
II.4. Chwasty cebulkowe . . . . .	20
<b>III. Biologia wybranych gatunków chwastów i jej znaczenie w rozwoju odporności . . . . .</b>	<b>21</b>
III.1. Miotła zbożowa – <i>Apera spica-venti</i> (L.) P.B. . . . .	24
III.2. Wyczyniec polny – <i>Alopecurus myosuroides</i> Huds. . . . .	28
III.3. Owies głuchy – <i>Avena fatua</i> L. . . . .	30
III.4. Chwastnica jednostronna – <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.B. . . . .	32
III.5. Włośnica sina – <i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult. . . . .	34
III.6. Komosa biała – <i>Chenopodium album</i> L. . . . .	36
III.7. Szarłat szorstki – <i>Amaranthus retroflexus</i> L. . . . .	38
III.8. Chaber bławatek – <i>Centaurea cyanus</i> L. . . . .	40
III.9. Maruna bezwonna – <i>Matricaria maritima</i> L. ssp. <i>inodora</i> (L.) Dostal . . . . .	42
III.10. Rumianek polny – <i>Anthemis arvensis</i> L. . . . .	44
III.11. Rumianek pospolity – <i>Matricaria chamomilla</i> L. . . . .	46
III.12. Starzec zwyczajny – <i>Senecio vulgaris</i> L. . . . .	48
III.13. Przymiotno kanadyjskie – <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. . . . .	50
III.14. Żółtlica drobnokwiatowa – <i>Galinsoga parviflora</i> Cav. . . . .	52
III.15. Fiołek polny – <i>Viola arvensis</i> Murray . . . . .	54
III.16. Przytulnia czepna – <i>Galium aparine</i> L. . . . .	56
III.17. Mak polny – <i>Papaver rhoeas</i> L. . . . .	58
III.18. Gwiazdnica pospolita – <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. . . . .	60
III.19. Tasznik pospolity – <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med. . . . .	62

---

III.20. Tobołki polne – <i>Thlaspi arvense</i> L. . . . .	64
III.21. Gorczyca polna – <i>Sinapis arvensis</i> L. . . . .	66
III.22. Rzodkiew świrzepa – <i>Raphanus raphanistrum</i> L. . . . .	68
III.23. Rdestówka powojowata – <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve . . . . .	70
III.24. Poziwienik szorstki – <i>Galeopsis tetrahit</i> L. . . . .	72
<b>IV. Rozwój badań nad herbicydami . . . . .</b>	<b>74</b>
<b>V. Historia odporności chwastów na herbicydy . . . . .</b>	<b>77</b>
V.1. Problem odporności chwastów w świecie . . . . .	77
V.2. Problem odporności chwastów w Polsce. . . . .	83
V.3. Zakres występowania odporności – obecny stan odporności w liczbach . . . . .	86
<b>VI. Mechanizm i sposób działania herbicydów . . . . .</b>	<b>91</b>
VI.1. Wpływ herbicydów na procesy biochemiczne i fizjologiczne roślin . . . . .	92
VI.2. Reakcja roślin na herbicydy . . . . .	93
VI.3. Klasyfikacja herbicydów według mechanizmu działania . . . . .	94
VI.3.1. Inhibitory fotosyntezy w fotosystemie II (PS II) . . . . .	96
VI.3.2. Inhibitory fotosyntezy w fotosystemie I . . . . .	97
VI.3.3. Inhibitory syntazy acetylomleczanowej (ALS) – syntazy kwasu acetylohydroksylowego (AHAS) . . . . .	98
VI.3.4. Inhibitory karboksylazy acetylokoenzymu A (ACCazy) . . . . .	99
VI.3.5. Inhibitory wzrostu i rozwoju (syntetyczne auksyny) . . . . .	100
VI.3.6. Inhibitory syntazy kwasu 5-endolopirogrono-3-fosfotymolowego (EPSP) . . . . .	101
VI.3.7. Inhibitory syntazy glutaminowej . . . . .	102
VI.3.8. Inhibitory biosyntezy celulozy . . . . .	103
VI.3.9. Inhibitory podziału komórki . . . . .	103
VI.3.10. Inhibitory biosyntezy kwasów tłuszczowych . . . . .	104
VI.3.11. Inhibitory biosyntezy karotenoidów (herbicydy powodujące zanik chlorofilu) . . . . .	105
VI.3.12. Inhibitory oksydazy protoporfirynogenowej (PPO) . . . . .	106
<b>VII. Mechanizm odporności chwastów na herbicydy. . . . .</b>	<b>108</b>
VII.1. Odporność związana z miejscem działania herbicydu (target-site). . . . .	111
VII.1.1. Odporność na inhibitory fotosyntezy w fotosystemie II (PS II). . . . .	112
VII.1.2. Odporność na inhibitory syntazy acetylomleczanowej (ALS/AHAS) . . . . .	117
VII.1.3. Odporność na inhibitory karboksylazy acetylokoenzymu A (ACCazy) . . . . .	122
VII.1.4. Odporność na glifosat . . . . .	126
VII.1.5. Odporność na inhibitory podziału komórki . . . . .	128
VII.1.6. Odporność na inhibitory oksydazy protoporfirynogenowej (PPO) . . . . .	129
VII.1.7. Odporność na inhibitory wzrostu i rozwoju (syntetyczne auksyny) . . . . .	129
VII.2. Odporność na herbicydy nie związana z miejscem działania (non target-site) . . . . .	130
VII.2.1. Odporność związana z cytochromem P450 monooksygenazy . . . . .	131
VII.2.2. Odporność związana z glutationem S-transferazą (GST) . . . . .	132
VII.2.3. Odporność związana ze zdolnością do zmiany przemieszczania (translokacji) herbicydu . . . . .	135
VII.3. Inne problemy związane z odpornością . . . . .	138

<b>VIII. Genetyczny i epigenetyczny sposób dziedziczenia odporności . . . . .</b>	<b>142</b>
VIII.1. Dziedziczenie genetyczne . . . . .	143
VIII.2. Dziedziczenie epigenetyczne . . . . .	145
VIII.3. Presja selekcyjna . . . . .	146
VIII.4. Inne problemy związane z dziedziczeniem . . . . .	149
<b>IX. Rozwój odporności chwastów w populacji . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>X. Czynniki wpływające na odporność chwastów . . . . .</b>	<b>154</b>
X.1. Chwasty . . . . .	154
X.2. Herbicydy . . . . .	158
X.3. Zabiegi agrotechniczne . . . . .	163
<b>XI. Modele rozwoju odporności chwastów. . . . .</b>	<b>166</b>
<b>XII. Fitnes chwastów w badaniach odporności . . . . .</b>	<b>170</b>
<b>XIII. Rozpoznawanie odporności chwastów w polu . . . . .</b>	<b>176</b>
<b>XIV. Ocena ryzyka pojawienia się odporności. . . . .</b>	<b>179</b>
<b>XV. Zapobieganie powstawaniu odporności . . . . .</b>	<b>182</b>
XV.1. Zmianowanie . . . . .	182
XV.2. Metody agrotechniczne . . . . .	183
XV.3. Herbicydy . . . . .	186
XV.4. Mieszanki i przemienne stosowanie herbicydów . . . . .	187
XV.5. Organizacja stosowania herbicydów . . . . .	188
XV.6. Synergizm i sejfneria . . . . .	189
XV.7. Opryskiwanie górnych części chwastów . . . . .	189
XV.8. Genetycznie zmodyfikowane rośliny odporne na herbicydy . . . . .	189
XV.9. Inne zagadnienia . . . . .	190
<b>XVI. Koszty wynikające z występowania chwastów odpornych . . . . .</b>	<b>191</b>
<b>XVII. Kryteria potwierdzające występowanie odporności . . . . .</b>	<b>194</b>
XVII.1. Definicja odporności chwastów opracowana przez WSSA i ISHRW . . . . .	195
XVII.2. Potwierdzenie danych o odporności . . . . .	195
XVII.3. Dziedziczenie odporności . . . . .	199
XVII.4. Występowanie odporności w polu . . . . .	199
XVII.5. Potrzeba oznaczenia gatunku chwastu . . . . .	199
XVII.6. Inne zagadnienia . . . . .	200
<b>XVIII. Uprawa roślin odpornych na herbicydy nieselektywne a problem odporności chwastów . . . . .</b>	<b>201</b>
XVIII.1. Metody uzyskania roślin uprawnych odpornych na herbicydy . . . . .	204
XVIII.1.1. Rośliny uprawne odporne na glifosat . . . . .	206
XVIII.1.2. Rośliny uprawne odporne na inhibitory syntazy acetylomleczanowej . . . . .	208

---

XVIII.1.3. Rośliny uprawne odporne na glufosynat amonowy . . . . .	209
XVIII.1.4. Rośliny uprawne odporne na bromoksynil . . . . .	210
XVIII.1.5. Kukurydza odporna na cykloksydym . . . . .	211
XVIII.2. Znaczenie sejfnerów w odporności roślin uprawnych na herbicydy . . . .	212
XVIII.3. Problemy związane z uprawą roślin genetycznie zmodyfikowanych . . . .	212
XVIII.3.1. Ryzyko przepływu genów . . . . .	212
XVIII.3.2. Wpływ na rozwój populacji chwastów . . . . .	214
<b>XIX. Metody badań odporności w celu identyfikacji chwastów</b>	
<b>odpornych na herbicydy. . . . .</b>	<b>215</b>
XIX.1. Biotest na roślinach . . . . .	218
XIX.2. Test oparty na wzroście liści i korzeni . . . . .	219
XIX.3. Testy oparte na wzroście korzeni na agarze . . . . .	220
XIX.4. Test fluorescencji chlorofilu . . . . .	222
XIX.5. Badania molekularne . . . . .	223
XIX.6. Metoda kalorymetryczna . . . . .	225
<b>XX. Badania nad odpornością chwastów na herbicydy w Polsce. . . . .</b>	<b>226</b>
XX.1. Miotła zbożowa . . . . .	227
XX.2. Wyczyńiec polny . . . . .	230
XX.3. Owies głuchy . . . . .	234
XX.4. Chaber bławatek . . . . .	238
XX.5. Komosa biała . . . . .	241
XX.6. Maruna bezwonna . . . . .	242
XX.7. Mak polny . . . . .	243
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>245</b>
<b>Załącznik 1 Skróty literowe nazw chwastów. . . . .</b>	<b>253</b>
<b>Załącznik 2 Klasyfikacja herbicydów w zależności</b>	
<b>od mechanizmu działania wg HRAC . . . . .</b>	<b>264</b>
<b>Skorowidz . . . . .</b>	<b>271</b>

## ROZDZIAŁ I

### Wstęp

Wraz z udomowieniem roślin i ich uprawą na polach pojawiły się także chwasty. Towarzyszą one roślinom uprawnym, stwarzając poważne zagrożenie. Mimo że chwasty zwalczą się od tysięcy lat, wykazują one nadzwyczajną odporność na próby wyeliminowania ich z pól uprawnych, charakteryzują się niebywałą zdolnością adaptacyjną i ewoluują się dalej. Wprowadzenie herbicydów do walki z chwastami nie rozwiązało problemu zachwaszczenia. Na walkę z chwastami corocznie na świecie wydaje się miliardy dolarów. Po ich usunięciu z pól powracają na nowo, zazwyczaj jeszcze liczniejsze i lepiej dostosowane do zmienionych przez człowieka warunków. Chwasty, jako rośliny dziko rosnące, zawdzięczają przetrwanie swoim specyficznym strategiom reprodukcyjnym. Dlatego, prawdopodobnie, będą na naszych polach i będą towarzyszyć działalności rolniczej.

Nowoczesna produkcja roślinna w bardzo dużym stopniu jest uzależniona od użycia agrochemikaliów. Ograniczenie występowania chwastów na polach uprawnych w wysoko wydajnych gospodarstwach jest uzależnione od stosowania herbicydów. Bardzo duże zaufanie do chemicznych metod zwalczania w połączeniu z ograniczeniem stosowania innych sposobów spowodowało w licznych przypadkach powstawanie odporności na herbicydy wielu gatunków chwastów. Zwiększenie się populacji chwastów odpornych na herbicydy jest coraz większym zagrożeniem w wielu krajach, w tym także w Polsce.

Poszczególne gatunki chwastów cechują się różnym stopniem wrażliwości na działanie herbicydów, od pełnej wrażliwości do całkowitego braku reakcji. W instrukcjach – etykietach stosowania herbicydów wymieniane są grupy chwastów o różnym stopniu wrażliwości na dany herbicyd. Najczęściej wymieniane są trzy grupy: gatunki wrażliwe, średnio wrażliwe i odporne. Ta



ostatnia grupa powinna się nazywać chwasty niezwalczane, czyli tolerujące herbicydy. Herbicydy aplikowane w zalecanych dawkach zwalczają określone gatunki chwastów, nie działają na wszystkie, niektóre są przez chwasty tolerowane. Zalecane w praktyce dawki herbicydów są często kompromisem między selektywnością dla rośliny uprawnej a zwalczanymi gatunkami chwastów. Już bowiem w średniowieczu Paracelsus powiedział, że trucizna zależy od dawki („The dose makes the poison”). Dlatego użycie herbicydów w dawkach większych od zalecanych, np. dwukrotnie większych, z jednej strony zmniejsza selektywność w stosunku do rośliny uprawnej, a z drugiej strony zwalcza gatunki tolerujące zalecane dawki. **Tolerancja** na herbicydy może być zdefiniowana jako zdolność gatunku roślin do przeżycia i reprodukcji po zastosowaniu herbicydu w zalecanej dawce. Jest to cecha dziedziczna przekazywana z pokolenia na pokolenie razem ze zdolnością do rozmnażania oraz rozprzestrzeniania się po zastosowaniu herbicydu w zalecanej dawce. Tolerancja to zdolność przeciwdziałania niszczącemu efektowi herbicydów, czyli ograniczenie działania herbicydu na procesy fizjologiczne i biochemiczne rośliny. **Tolerancja chwastu nie jest więc synonimem odporności ma herbicydy.**

Stosowanie przez kilka lat na tym samym polu tych samych herbicydów może prowadzić do wyeliminowania gatunków wrażliwych i stopniowego zastąpienia ich gatunkami tolerancyjnymi. Proces ten nazywamy **kompensacją**. Zjawisko kompensacji dotyczy więc wszystkich osobników określonego gatunku, które są niewrażliwe na stosowany herbicyd. Nie ma to nic wspólnego z odpornością. Pojęcie kompensacji nie występuje w literaturze angielskojęzycznej. Pojawia się ono tylko w publikacjach z zakresu herbologii w Polsce i taka definicja jest w powszechnym użyciu. Jako przykład kompensacji można podać rozprzestrzenienie się gwiazdnicy pospolitej (*Stellaria media*) i przytuli czepnej (*Galium aparine*) w uprawach zbóż ozimych w wyniku stosowania preparatów zawierających 2,4-D lub MCPA czy też maruny bezwonnej i rumianu polnego w uprawie rzepaku ozimego po zastosowaniu trifluraliny.

**Uodpornienie** jest procesem, w którego wyniku w populacji chwastów pojawiają się osobniki odporne na herbicydy. Zatem **odporność chwastów na herbicydy jest to naturalna lub indukowana zdolność niektórych osobników (biotypów) roślin w ramach tego samego gatunku do przetrwania i rozmnażania się po zastosowaniu śmiertelnej dawki herbicydu, podczas gdy pozostała część populacji ginie**. Odporność na herbicydy może być wynikiem zarówno przypadkowej mutacji, jak i stosowanych metod hodowlanych lub metod inżynierii genetycznej. W przyrodzie odporność roślin dziko rosnących, w tym także chwastów, występuje bardzo rzad-

ko. W przypadku gdy przyczyną selekcji są herbicydy, rośliny wrażliwe giną, a rośliny odporne nie zostają zniszczone. W warunkach braku konkurencji ze strony roślin wrażliwych rozwijają się one bez przeszkód, tworzą żywotny pyłek i wydają nasiona zdolne do dalszego rozwoju. W następnych pokoleniach, w wyniku stosowania przez kilka lat herbicydów o tym samym mechanizmie działania, zmniejsza się w populacji liczba roślin wrażliwych, a zwiększa się odsetek biotypów odpornych aż do takiego stanu, w którym gatunek chwastu uważany do tej pory za wrażliwy przestaje być zwalczany. Przyjmuje się, że jeżeli w populacji jest około 20% biotypów – osobników niezwalczanych, to wówczas można mówić, że na danym polu występują chwasty odporne i rolnik może mieć problem z ich zwalczaniem. Uodparnianie się chwastów na herbicydy wynika z presji selekcyjnej i rozprzestrzeniania się biotypów odpornych. W książce podano, jakie elementy mają decydujący wpływ na zjawisko uodpornienia się chwastów oraz co sprzyja zjawisku odporności. Niniejsze opracowanie obejmuje zatem większość aspektów związanych ze zjawiskiem odporności chwastów na herbicydy.

## ROZDZIAŁ II

# Biologia i ekologia chwastów w zależności od długości życia osobniczego i sposobu rozmnażania

W stworzonych przez człowieka agroekosystemach oprócz roślin uprawnych występują również niepożądane rośliny nazwane chwastami. Chwasty, podobnie jak rośliny uprawne, są wytworem kultury rolnej i są pojęciem antropogenicznym, a nie biologicznym. Z chwastami miał człowiek do czynienia, od kiedy rozpoczął uprawę roślin i do dziś problem ten nadal istnieje. Chwasty, jako rośliny synantropijne, czyli związane z terenami zagospodarowanymi przez człowieka, w większości przypadków nie mogą istnieć bez jego działalności. Działalność człowieka, w szerokim znaczeniu, ma wpływ na zwiększanie się liczby gatunków chwastów na polach uprawnych. Sprzyja temu między innymi transport i wymiana produktów rolnych. Różnorodność gatunkowa chwastów na polach, w ogrodach, na łąkach i terenach nieużytkowanych rolniczo jest bardzo duża. Większość roślin dzikich występująca w roślinach uprawnych to chwasty segetalne. Na terenach nieużytkowanych rolniczo, tj. na ugorach, odłogach, nasypach kolejowych i przydrożach, występują rośliny ruderalne. Są one często rezerwuarem nasion przedostających się na pola uprawne. Chwasty bytują w określonym siedlisku i podobnie jak każdy żywy organizm podlegają wpływowi czynników biotycznych i abiotycznych. Badaniem tych zależności zajmuje się ekologia chwastów. Znajomość biologii i ekologii gatunków chwastów bytujących na tym siedlisku ma duże znaczenie, zarówno poznawcze, jak i praktyczne. Pozwala bowiem tak pokierować zabiegami uprawowymi, aby ograniczyć ich występowanie oraz dokonać wyboru skutecznych metod zwalczania. Pozwala także zrozumieć znaczenie wpływu tych czynników na rozwój odporności niektórych gatunków na herbicydy.

Klasyfikację chwastów można dokonać, opierając się na różnych kryteriach, takich jak: botaniczne, siedliskowe, długość życia osobniczego, cykl

rozmnażania czy sposób pobierania pokarmu. Klasyfikacja botaniczna jest oparta na zasadach systematyki roślin. Każda roślina ma dwuczęściową nazwę. Pierwszy człon oznacza przynależność do rodzaju (*genus*), a drugi oznacza konkretny gatunek (*species*). Obok pełnej nazwy łacińskiej podaje się, najczęściej w formie skróconej, nazwisko lub nazwiska autorów ich systematyki. System nazw łacińskich, poza jednoznacznym określeniem nazwy gatunkowej, pozwala na ujednoczenie nazewnictwa w skali międzynarodowej. Długie nazwy gatunkowe chwastów stwarzają często problem w międzynarodowych pracach badawczych, dlatego wprowadzono pięcioliterowy system kodowy, zwany kodami EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). W systemie tym każdemu gatunkowi przypisano pięcioliterowy kod. Pierwsze trzy litery są z reguły początkowymi literami łacińskiej nazwy rodzaju danego gatunku, a kolejne dwie litery początkowymi literami nazwy gatunkowej, na przykład: ALOMY – *Alopecurus myosuroides* (wyczyniec polny), CENCY – *Centaurea cyanus* (chaber bławatek). System pięcioliterowych kodów jest także używany do określenia nazw gatunkowych roślin uprawnych. System kodów najczęściej występujących gatunków chwastów podano w Załączniku 1.

**Klasyfikacja chwastów oparta na cyklu życiowym rośliny i sposobie rozmnażania** jest najbardziej przydatna dla herbologów. Pozwala bowiem przewidzieć występowanie gatunków w określonym siedlisku, ułatwia także podjęcie decyzji zastosowania skutecznych metod zwalczania chwastów. Znajomość długości życia osobniczego i sposobu rozmnażania są pomocne w przewidywaniu występowania odporności. Na podstawie długości życia osobniczego i sposobu rozmnażania chwasty można podzielić na dwie zasadnicze grupy: jednoroczne (krótkotrwałe) i wieloletnie (trwałe).

Poza podziałem opartym na długości cyklu życiowego i sposobie rozmnażania w herbologii i praktyce rolniczej operuje się często podziałem na **chwasty dwuliścienne i jednoliścienne**. W literaturze angielskojęzycznej nie stosuje się pojęcia chwasty jednoliścienne, lecz chwasty trawiaste (grass weeds). Z punktu widzenia taksonomicznego jest to poprawne, czego nie można odnieść do nomenklatury używanej w Polsce. Bowiem do klasy roślin jednoliściennych (*Monocotyledones*), poza trawami (*Poaceae*), należą także liliowate (*Liliaceae*), sitowate (*Juncaceae*), turzycowate (*Cyperaceae*) i inne. Nie można tego pominąć i należy pamiętać, że podział na chwasty dwuliścienne i jednoliścienne to podział użytkowy, który nie ma odniesienia do systematyki roślin. Niektóre herbicydy zwalczające trawy zostały nazwane graminicydami, co wskazuje, że zwalczają one chwasty trawiaste, a nie wszystkie rośliny jednoliścienne.

## II.1. Chwasty krótkotrwałe

Chwasty krótkotrwałe rozmnażają się tylko za pomocą nasion (lub owoców), żyją w okresie jednego lub dwóch sezonów wegetacyjnych, kwitną jeden raz w cyklu życiowym, po wydaniu nasion zamierają. W grupie chwastów krótkotrwałych znajdują się gatunki jare, zimujące i ozime. Zakwalifikowanie gatunków do jarych i dwuletnich jest dość łatwe i proste, natomiast podział na chwasty zimujące i ozime jest często umowny, gdyż niektóre gatunki w zależności od przebiegu warunków pogodowych i okresu kiełkowania mogą tworzyć zarówno formy zimujące, jak i ozime. Dlatego te same gatunki mogą się znaleźć w jednej i drugiej grupie. Podział chwastów krótkotrwałych na zimujące i ozime jest podziałem ułatwiającym zrozumienie zachowania się chwastów w agroekosystemach.

**Chwasty krótkotrwałe jare.** Cały cykl życiowy tej grupy chwastów odbywa się w ciągu jednego okresu wegetacyjnego – wytwarzają pędy kwiatowe, owocują i zamierają. Do tej grupy należą gatunki wschodzące wczesną wiosną, które kiełkują w temperaturze gleby powyżej 0°C oraz gatunki kiełkujące późną wiosną, kiedy temperatura gleby jest wyższa niż 8–10°C, głównie w okresie dwóch miesięcy (maj–czerwiec). Nasiona chwastów jedno- i dwuletnich jarych kiełkują łatwiej w glebie niewzruszonej. Chwasty krótkotrwałe jare kiełkują również późną wiosną lub na początku lata, wówczas mówimy o wtórnym zachwaszczeniu. Niektóre nasiona kiełkują także pod koniec lata lub jesienią, jednak po pierwszych przymrozkach giną. Czasami okres od wschodów do wydania nasion jest bardzo krótki, trwa zaledwie kilka tygodni. Nasiona niektórych gatunków są zdolne do kiełkowania natychmiast po dojrzewaniu, cykl życiowy tych chwastów może być powtórzony kilkakrotnie w tym samym sezonie wegetacyjnym. Należą do nich między innymi: chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli*), żółtlica drobnokwiatowa (*Galinsoga parviflora*), rzodkiew świrzepa (*Raphanus raphanistrum*). Chwasty z tej grupy biologicznej stwarzają poważny problem w roślinach uprawnych jarych, np. takich jak: zboża jare, burak cukrowy, kukurydza, ziemniak, warzywa.

**Chwasty krótkotrwałe zimujące.** W zależności od pory kiełkowania występują w formie jarej i ozimej. Kiełkując wiosną lub latem, wytwarzają pęd kwiatowy, dojrzewają i giną przed zimą. Jeżeli kiełkują późnym latem i jesienią, zimują zwykle w formie rozety, niekiedy także mogą zimować w stanie kwitnienia. Wiosną kończą kwitnienie, wydają nasiona i zamierają. Niektóre gatunki należące do tej grupy, jak np. gwiazdnica pospolita (*Stellaria media*) jako efemeryd, w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego może tworzyć kilka pokoleń. Ziarniaki miotły zbożowej (*Apera spica-venti*) mogą

kiełkować nawet zimą, gdy panują dodatnie temperatury, a gleba nie jest zamrznięta, zdarza się również, że kiełkują nawet pod śniegiem. Są one często pierwszym znakiem wiosny, czasami kiełkują jeszcze przed przygotowaniem roli pod uprawy jare. Cykl życiowy wielu gatunków chwastów zimujących jest zsynchronizowany z uprawą roślin ozimych lub jarych, np. z cyklem uprawy zbóż. Jest on ściśle powiązany z rośliną zbożową – chwasty dojrzewają równocześnie ze zbożem. Często nasiona chwastów osypują się przed zbiorem lub przedostają się do ziarna zbóż w czasie omłotu. Podczas doczyszczania nasiona chwastów są oddzielane od ziarna i w postaci pośladu stanowią paszę dla zwierząt. Tym sposobem przedostają się do obornika, a z nim na pole. Chwasty jednoroczne zimujące stanowią najgroźniejszą grupę, w każdych warunkach bowiem potrafią się dostosować do cyklu rozwojowego rośliny uprawnej i wydać nasiona. Do typowych gatunków krótkotrwałych zimujących można zaliczyć: tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris*), starca zwyczajnego (*Senecio vulgaris*), przetacznik perski (*Veronica persicaria*) i częściowo także miotłę zbożową (*Apera spica-venti*).

**Chwasty krótkotrwałe ozime.** Chwasty ozime kiełkują późnym latem i jesienią, wykształcają rozetę i w tej formie zimują. Na wiosnę wyrasta pęd kwiatowy, kwitną, wydają nasiona i zamierają. Do swego cyklu rozwojowego wymagają jaryzacji, czyli niskich temperatur. Cykl życiowy tej grupy chwastów jest związany z uprawą roślin ozimych, jak zboża ozime i rzepak ozimy. W przypadku wschodów późną wiosną rośliny te przeważnie nie wchodzi w fazę rozwoju generatywnego. Pozostają wówczas w fazie rozety (gatunki dwuliścienne) lub kępy (trawy) do następnej wiosny i wytwarzają pędy kwiatowe. Zdarza się także, że chwasty krótkotrwałe ozime kiełkują na wiosnę, a w okresie chłódów przechodzą jaryzację, wydają nasiona i zachowują się podobnie jak rośliny jare. Do grupy tej zalicza się: mak polny (*Papaver rhoeas*), chaber bławatek (*Centaurea cyanus*), marunę bezwoną (*Matricaria maritima* ssp. *inodora*), przetacznik trójlistkowy (*Veronica triphyllos*), wyczy-niec polny (*Alopecurus myosuroides*) i inne.

## II.2. Chwasty dwuletnie

Gatunki należące do chwastów dwuletnich do wydania nasion czy owoców potrzebują dwóch okresów wegetacyjnych. Kiełkują one najczęściej na wiosnę, gromadzą zapasy w korzeniu, zimują przeważnie w formie rozety, w drugim roku wydają nasiona i zamierają. Chwasty dwuletnie nigdy nie wytwarzają kwiatostanów i nie wydają nasion lub owoców w pierwszym roku po skiełkowaniu. W porównaniu z innymi gatunkami liczba chwastów dwu-



letnich nie jest duża. Zachwaszczają przeważnie uprawy wieloletnie, jak: trawniki, sady, plantacje koniczyny i lucerny. Czasami niektóre gatunki chwastów dwuletnich występują na obrzeżach pól w ekstensywnej uprawie roślin rolniczych. Do najczęściej spotykanych gatunków należą: bniec biały (*Melandrium album*), nostryk biały i żółty (*Melilotus alba* i *M. officinalis*), marchew zwyczajna (*Daucus carota*) czy osset kędzierzawy (*Carduus crispus*).

### II.3. Chwasty wieloletnie

Cykl życiowy chwastów wieloletnich, czyli trwałych, jest dłuższy niż dwa lata, trwa najczęściej kilka lub kilkanaście lat. Po wydaniu nasion (owoców) chwasty wieloletnie nie giną, ale przedłużają swoje życie za pomocą pączków przybyszowych występujących na organach wegetatywnych. Są więc zdolne do rozmnażania wegetatywnego. Oprócz rozmnażania wegetatywnego chwasty wieloletnie wydają bardzo dużą liczbę nasion lub owoców, które rozprzestrzeniają się na polach uprawnych. W okresie wegetacji gromadzą one substancje zapasowe (węglowodany) w różnych typach organów rozmnażania wegetatywnego. Mechaniczne zabiegi uprawowe z użyciem np. pługa, kultywatora, brony talerzowej i zębatej oraz różnego rodzaju zestawy uprawowe sprzyjają reprodukcji wegetatywnych części rozmnażania. Powodują one uszkodzenie i podział organów rozmnażania wegetatywnego, gdzie znajdują się oczka śpiące, które przerywają spoczynek i rozpoczynają wzrost, jako nowe rośliny. Organy wegetatywne uszkodzone mechanicznie łatwo zablizniają się, a na powstałej tkance kalusowej pojawiają się liczne pączki, z których regenerują nowe rośliny. Zabiegi uprawowe mają duży wpływ na rozprzestrzianie się chwastów wieloletnich.

Na podstawie różnic w budowie organów rozmnażania wegetatywnego dokonano klasyfikacji chwastów wieloletnich na różne grupy biologiczne.

**Chwasty wieloletnie o rozłogach nadziemnych.** Rośliny te mają płożące się na powierzchni gleby pędy, za których pomocą się rozmnażają. Na płożących pędach, rozłogach, znajdują się węzły, które się ukorzeniają, następnie wyrastają liście. Po odcięciu w wyniku uprawy mechanicznej powstaje samodzielna roślina. Ten sposób rozmnażania spotyka się u pięciornika gęsiego (*Potentilla anserina*), bluszczka kurdybanka (*Glechoma hederacea*), jaskra rozłogowego (*Ranunculus repens*).

**Chwasty wieloletnie o korzeniu palowym.** Rośliny tej grupy biologicznej wykształcają zgrubiałe korzeń spichrzowy, który zimuje w glebie. Na wiosnę z pączków śpiących wyrasta ulistniony pęd, na którym rozwijają się kwiatostany, lub, tak jak w przypadku mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale*).

*nale*), z rozety wyrastają łodygi zakończone kwiatostanem. Tego typu rozmnażanie wegetatywne odgrywa mniejszą rolę w rozprzestrzenianiu się chwastów na polach uprawnych, chyba że korzenie są po polu rozwlekane narzędziami stosowanymi podczas uprawy. Szerokie rozprzestrzenianie się na polach chwastów z tej grupy biologicznej wynika z obfitości wytwarzania nasion i owoców. Do chwastów wieloletnich o korzeniu palowym, poza wymienionym wyżej mniszkiem pospolitym, należą: cykoria podróżnik (*Cichorium intybus*), szczaw zwyczajny (*Rumex acetosella*), szczaw kędzierzawy (*Rumex crispus*), glistnik jaskółcze ziele (*Chelidonium majus*).

**Chwasty wieloletnie o skróconym kłęczu pionowym.** Chwasty te rzadko występują w warunkach uprawy polowej. Najczęściej można je spotkać w uprawach wieloletnich. Rośliny te mają walcowate kłęczy, dzięki którym utrzymują się przy życiu kilka lat. Ten sposób rozmnażania spotyka się u babki zwyczajnej (*Plantago major*) i stokrotki pospolitej (*Bellis perennis*). Po przezimowaniu na wiosnę z kłęczy wyrastają korzenie przybyszowe, a z kątów liści wyrastają pędy. Rozmnażanie wegetatywne na polach uprawnych tych chwastów nie odgrywa większej roli, ponieważ ich rozprzestrzenienie się odbywa się za pomocą nasion.

**Chwasty wieloletnie korzeniowo-odrostowe.** Do tej grupy zaliczane są gatunki chwastów, które rozmnażają się za pomocą pączków występujących na korzeniach. Każda część korzenia z pączkiem może dać początek nowej roślinie. Ta grupa chwastów jest liczna i różnorodna pod względem systemu korzeniowego. Mogą to być gatunki korzeniące się głęboko lub mające system korzeniowy płytki. Są to gatunki bardzo uporczywe i trudne do zwalczania. Do chwastów wieloletnich korzeniowo-odrostowych należą: czyściec błotny (*Stachys palustris*), powój polny (*Convolvulus arvensis*), mleczeń polny (*Sonchus arvensis*), ostrożeń polny (*Cirsium arvense*), rzepicha leśna (*Roripa silvestris*), wilczomlecz sosnka (*Euphorbia cyparissias*).

**Chwasty wieloletnie o rozłogach podziemnych.** Rozłogami podziemnymi nazywają się wydłużone rozgałęzienia pędów podziemnych, służące roślinom do rozmnażania wegetatywnego. W zależności od gatunku chwastu rozłogi umieszczone są w glebie na różnej głębokości, od kilku centymetrów do nawet 2 metrów. Rozłogi takie składają się z węzłów i długich międzywęzli. Z węzłów wyrastają korzenie przybyszowe i łuskowate liście, w których znajdują się pączki przybyszowe. Z tych pączków mogą się rozwijać pędy nadziemne lub boczne rozgałęzienia rozłogów. Chwasty takie, w wyniku wydłużenia się rozłogów, za pomocą pączka szczytowego, mogą zajmować nowe tereny na polu. Rozcięcie lub rozerwanie rozłogów podczas zabiegów uprawowych wpływa na rozprzestrzenienie się ich na polu. Z każdego odcinka rozłogu, na którym znajduje się pączek, może wyrosnąć nowa samo-



dzielna roślina. U podstawy nadziemnego pędu wyrastają nowe rozłogi. Do najgroźniejszych chwastów o rozłogach podziemnych należą: perz właściwy (*Elymus repens*), skrzyp polny (*Equisetum arvense*), który wytwarza także bulwki umieszczone na rozłogach, bylica pospolita (*Artemisia vulgaris*), krwawnik pospolity (*Achillea millefolium*), mietlica rozłogowa (*Agrostis stolonifera*), podagrycznik pospolity (*Aegopodium podagraria*), pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*) i inne.

## II.4. Chwasty cebulkowe

W polskiej florze spotyka się niewiele gatunków rozmnażających się i rozprzestrzeniających na polach za pomocą cebul. Cebule składają się ze skróconego pędu zwanego piętka, na której osadzone są grube mięsiste liście. Z piętki wyrastają pędy kwiatowe, a u podstawy mięsistych łusek tworzą się małe cebule, z których w następnym okresie wegetacyjnym wyrastają nowe rośliny. Na polach uprawnych, zwłaszcza piaszczystych, występują u nas czosnek winnicowy (*Allium vineale*) i czosnek zielonawy (*Allium oleraceum*), które w kwiatostanie oprócz nasion wykształcają także drobne cebulki. Na glebach ubogich można także spotkać złoć polną (*Gagea arvensis*).