

Zenon Woźnica

Herbologia

Podstawy biologii, ekologii
i zwalczania chwastów

Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne Sp. z o.o.
Poznań 2012

SPIS TREŚCI

WSTĘP.....	7
1. WYSTĘPOWANIE I SZKODLIWOŚĆ CHWASTÓW	11
1.1. Chwasty i zachwaszczenie – pojęcia podstawowe	11
1.2. Szkodliwość chwastów	18
1.2.1. Konkurencja	19
1.2.2. Allelopatia	31
1.2.3. Chwasty a występowanie chorób i szkodników roślin uprawnych.....	37
1.2.4. Chwasty a zdrowie zwierząt i ludzi	41
1.2.5. Chwasty a jakość produktów rolnych	44
1.2.6. Chwasty a produkcja roślinna	45
2. BIOLOGIA I EKOLOGIA CHWASTÓW.....	47
2.1. Klasyfikacje chwastów	47
2.1.1. Klasyfikacja botaniczna	47
2.1.2. Występowanie w ekosystemach	50
2.1.2.1. Chwasty polne i ogrodowe	50
2.1.2.2. Chwasty łąk i pastwisk	51
2.1.2.3. Chwasty leśne	53
2.1.2.4. Chwasty wodne	54
2.1.3. Długość życia osobniczego i sposób rozmnażania	55
2.1.3.1. Chwasty roczne	55
2.1.3.2. Chwasty dwuletnie	57
2.1.3.3. Chwasty wieloletnie	58
2.1.4. Sposób odżywiania się chwastów	62
2.2. Reprodukacja i rozprzestrzenianie się chwastów	64
2.2.1. Plenność	64
2.2.2. Rozsiewanie się chwastów	66
2.2.3. Glebowy bank nasion chwastów.....	70
2.2.4. Żywotność, spoczynek i kiełkowanie nasion	73
2.3. Czynniki siedliska a zachwaszczenie	80

3. METODY WALKI Z CHWASTAMI	87
3.1. Wprowadzenie	87
3.2. Metoda zapobiegawcza	88
3.3. Metoda agrotechniczno-mechaniczna	94
3.4. Ściółkowanie i niekonwencjonalne metody fizyczne	107
3.5. Metoda biologiczna	113
3.6. Metoda chemiczna	119
3.7. Integracja metod zwalczania chwastów	127
4. NAZEWNICTWO I KLASYFIKACJA HERBICYDÓW	131
4.1. Nazewnictwo herbicydów	131
4.2. Kryteria klasyfikacji herbicydów	133
4.2.1. Podobieństwo w budowie chemicznej	134
4.2.2. Selektywność	137
4.2.3. Sposób wnikania do roślin	139
4.2.4. Termin i sposób stosowania	140
4.2.5. Sposób przemieszczania w roślinie i miejsce działania	141
4.2.6. Mechanizm działania	142
4.2.7. Toksyczność dla organizmów żywych	146
5. POBIERANIE I TRANSPORT HERBICYDÓW	151
5.1. Pobieranie herbicydów przez części podziemne roślin	151
5.2. Pobieranie herbicydów przez części nadziemne roślin	155
5.3. Transport herbicydów	164
6. MECHANIZM DZIAŁANIA I CHARAKTERYSTYKA HERBICYDÓW	169
6.1. Inhibitory biosyntezy lipidów	170
6.1.1. Inhibitory funkcjonowania karboksylazy acetylo-CoA	172
6.1.2. Inhibitory biosyntezy kwasów tłuszczowych o długich łańcuchach (VLCFA)	177
6.2. Inhibitory biosyntezy aminokwasów	182
6.2.1. Inhibitory funkcjonowania syntazy acetolaktanowej (ALS)/syntazy kwasu acetohydroksylowego (AHAS)	182
6.2.2. Inhibitory syntazy kwasu 5-endolopirogrono-3-fosfotikimowego (EPSP)	191
6.2.3. Inhibitory syntazy glutaminowej	192

6.3. Inhibitory fotosyntezy	194
6.3.1. Inhibitory fotosyntezy na poziomie fotosystemu II	195
6.3.2. Inhibitory fotosyntezy na poziomie fotosystemu I	202
6.4. Inhibitory biosyntezy pigmentów	204
6.4.1. Inhibitory oksydazy protoporfirynogenowej (PPO; Protox)	205
6.4.2. Inhibitory biosyntezy karotenoidów	207
6.5. Inhibitory funkcjonowania mikrotubuli i podziałów komórkowych	213
6.6. Inhibitory biosyntezy celulozy	216
6.7. Syntetyczne auksyny (regulatory wzrostu) oraz inhibitory transportu auksyn	218
6.8. Herbicydy o nieznanym miejscu działania	224
7. FORMULACJE, NOŚNIKI I ADIUWANTY DO HERBICYDÓW	227
7.1. Formułacje herbicydów	227
7.2. Woda jako nośnik herbicydów	234
7.3. Adiuwanty do herbicydów	240
8. APLIKACJA, SKUTECZNOŚĆ CHWASTOBÓJCZA I SELEKTYWNOŚĆ HERBICYDÓW	259
8.1. Aplikacja herbicydów	259
8.1.1. Czynności wstępne	259
8.1.2. Stosowanie herbicydów w mieszaninach	262
8.1.3. Technika stosowania herbicydów	266
8.2. Czynniki wpływające na skuteczność chwastobójczą herbicydów	286
8.3. Czynniki wpływające na selektywność herbicydów	293
9. ZACHOWANIE SIĘ HERBICYDÓW W GLEBIE	299
9.1. Adsorpcja	301
9.2. Przemieszczanie z wodą	307
9.3. Ulatnianie	309
9.4. Przemieszczanie z glebą erodowaną przez wiatr i wodę	311
9.5. Inne sposoby przemieszczania herbicydów	313
9.6. Degradacja herbicydów w glebie	314
9.7. Pozostałości herbicydów w glebie	321

10. METABOLIZM HERBICYDÓW W ROŚLINACH	325
10.1. Reakcje wstępne	328
10.1.1. Utlenianie.	330
10.1.2. Redukcja	333
10.1.3. Hydroliza.	334
10.2. Koniugacja pierwotna	336
10.2.1. Koniugacja z glutationem	337
10.2.2. Koniugacja z cukrowcami	339
10.2.3. Koniugacja z aminokwasami.	340
10.3. Koniugacja wtórna i proces sekwestracji	340
10.3.1. Koniugacja wtórna.	341
10.3.2. Wbudowanie w ścianę komórkową.	342
10.3.3. Wnikanie do wodniczek	342
10.4. Czynniki modyfikujące metabolizm herbicydów	343
10.4.1. Sejfnyry jako związki modyfikujące metabolizm herbicydów	344
11. ODPORNOŚĆ CHWASTÓW NA HERBICYDY.	347
11.1. Kompensacja gatunków chwastów odpornych na herbicydy	348
11.2. Kompensacja biotypów chwastów odpornych na herbicydy	350
12. ROŚLINY UPRAWNE ODPORNE NA HERBICYDY	365
12.1. Sposoby uzyskiwania roślin odpornych na herbicydy	367
12.2. Korzyści wynikające z uprawy odmian roślin odpornych na herbicydy	375
12.3. Wątpliwości i dyskusje wokół roślin uodpornionych na herbicydy	376
LITERATURA.	381
ZAŁĄCZNIK 1. Wykaz substancji aktywnej w herbicydach	391
ZAŁĄCZNIK 2. Wykaz herbicydów według nazw handlowych	399
ZAŁĄCZNIK 3. Spis gatunków roślin według nazwy polskiej	412
ZAŁĄCZNIK 4. Spis gatunków roślin według nazwy łacińskiej	421
ZAŁĄCZNIK 5. Rodziny botaniczne	430
SKOROWIDZ	431

WSTĘP

Herbologia zajmuje się wszystkimi zagadnieniami związanymi z chwastami – ich biologią, ekologią oraz zwalczaniem. Termin ten, wywodzący się od łacińskiego słowa *herba* – zieleń lub chwast, i greckiego *logos* – nauka, używa się w Polsce, podobnie jak w większości krajów europejskich, od niedawna. Natomiast w Stanach Zjednoczonych, Australii i w Wielkiej Brytanii naukę tę określa się najczęściej terminem anglojęzycznym – *weed science* (nauka o chwastach).

Przez wiele dziesiątków lat nauczaniem biologii, ekologii i zwalczania chwastów zajmowano się w ramach przedmiotów agronomicznych, a zwłaszcza ogólnej uprawy roli i roślin. Solidne podstawy tego przedmiotu, z uwzględnieniem zagadnień związanych z chwastami i ich zwalczaniem, stanowiły opracowania akademickie prof. dr hab. Bolesława Świętochowskiego (1895–1975), uaktualniane sukcesywnie przez jego współpracowników i następców w licznych wydaniach podręczników „Ogólnej uprawy roli i roślin” (I wyd. 1949 r.). Stopniowo pojawiały się cenne opracowania książkowe o tematyce herbologicznej, m.in.: „Krajowe chwasty polne i ogrodowe” Jakuba Mowszowicza (1955), „Nasionoznawstwo chwastów” Władysława Kulpy (1958), „Atlas chwastów” Włodzimierza Tymrakiewicza (1959), „Chwasty łąk i pastwisk” Mariana Nowińskiego (1959), „Zwalczanie chwastów” Józefa Dzieżycy (1962), „Przewodnik stosowania herbicydów w kompleksowej walce z chwastami” Józefa Roli (1962), „Chwasty i ich zwalczanie” Heleny Domańskiej (1964), „Ochrona warzyw przed chwastami” Adama Dobrzańskiego (1995), „Herbicydy” Tadeusza Praczyka i Grzegorza Skrzypczaka (2004) oraz tłumaczenia autorów zagranicznych, jak np. „Ekologia chwastów w roślinach uprawnych” Richarda J. Aldricha (1997) i inne.

Negatywne znaczenie gospodarcze chwastów, szkody które one powodują, a przede wszystkim olbrzymi postęp badań nad ich biologią i zwalczaniem, zwłaszcza z wykorzystaniem gwałtownie rozwijającej się metody chemicznej, zadecydowały o wyodrębnieniu herbologii jako oddzielnej dyscypliny naukowej, realizowanej i nauczanej już od połowy ubiegłego stulecia w większości uczelni rolniczych na świecie. Utworzenie herbologii nadało jej rangę równą innym przedmiotom ochrony roślin poświęconym agrofagom – fitopatologii (nauce o chorobach roślin) i entomologii (nauce o szkodnikach roślin). W Polsce herbologia, jako odrębny przedmiot dydaktyczny, została po raz pierwszy wprowadzona do programu studiów

w 1983 roku w Akademii Rolniczej (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy) w Poznaniu, początkowo dla magistrantów specjalizacji ochrony roślin Wydziału Ogrodniczego, a od 1994 roku wykładana jest również jako przedmiot podstawowy i specjalizacyjny dla studentów Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii. Obecnie herbologia jako wyodrębniony przedmiot nauczana jest prawie we wszystkich uczelniach rolniczych w Polsce.

Należy podkreślić, że ranga herbologii w ochronie roślin jest wysoka, gdyż chwasty przeciętnie wywołują większe szkody niż choroby i szkodniki razem wzięte, a nakłady ponoszone na odchwaszczanie roślin uprawnych z reguły przekraczają nakłady na zwalczanie innych agrofagów. Z tego też względu liczne ośrodki naukowe od dawna prowadzą intensywne badania podstawowe i aplikacyjne nad biologią, ekologią i zwalczaniem chwastów, w wyniku których literatura polska wzbogaciła się o setki opracowań poznawczych, a praktyka rolnicza o liczne rozwiązania, zalecenia i instrukcje wdrożeniowe. Badania te realizowane są w różnym zakresie we wszystkich uczelniach rolniczych w Polsce, a także w innych jednostkach naukowo-badawczych, zwłaszcza w Zakładzie Herbologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu, należącym do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, w Zakładzie Herbologii i Techniki Ochrony Roślin Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu oraz w Pracowni Herbologii Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach.

Wielokierunkowy zakres badań herbologicznych prowadzonych w Polsce ściśle nawiązuje do kierunków badań światowych. Poza różnymi aspektami szkodliwości chwastów, obejmuje on różne zagadnienia związane z ich biologią i ekologią, kompleksowością zwalczania w uprawach rolniczych i ogrodniczych, optymalizacją stosowanych metod pod względem skuteczności biologicznej i efektywności ekonomicznej oraz wpływem na jakość produktów rolniczych i na środowisko. Rozwojowi tych badań sprzyjają owocne kontakty pracowników naukowych z licznymi ośrodkami herbologicznymi na świecie w formie długoterminowych staży naukowych, udziału w najważniejszych sympozjach oraz konferencjach naukowych i współpracy bezpośredniej. Duży wpływ na rozwój polskiej herbologii wywarły niewątpliwie kontakty i wspólne badania wielu pracowników naukowych, zapoczątkowane już w końcu lat 60. ubiegłego stulecia, z dr. Johnem D. Nalewają – profesorem North Dakota State University w Fargo, USA, doktorem honoris causa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Powstanie i rozwój herbologii jako odrębnej dyscypliny naukowej było jak najbardziej uzasadnione, zważywszy na złożoność problemów biologii, ekologii i zwalczania chwastów, ogólnościatowy postęp badań w tej dziedzinie i w naukach towarzyszących (zwłaszcza w fizjologii, biochemii i biotechnologii oraz genetyce roślin), potrzebę kształcenia wysoko kwalifikowanej kadry, a przede wszystkim wzrastające oczekiwania praktyki rolniczej w zakresie bardziej efektywnych,

mniej kosztownych i bardziej bezpiecznych możliwości zwalczania chwastów. Nieobojętne dla rozwoju herbologii są także coraz większe wymagania i oczekiwania społeczne, zwłaszcza w stosunku do jakości wytwarzanych produktów rolniczych oraz wpływu powszechnie stosowanych chemicznych metod zwalczania chwastów na zdrowie człowieka i środowisko.

W Polsce istnieje wiele cennych opracowań z zakresu herbologii poświęconych identyfikacji chwastów i metodom ich zwalczania, a szczególnie metodzie chemicznej. Istnieje również wiele krajowych i zagranicznych opracowań naukowych o charakterze podstawowym, jednak rozproszonych i nie zawsze dostępnych dla zainteresowanego czytelnika. Próby opracowania zwanego podręcznika akademickiego z zakresu herbologii, nawiązującego do najnowszych kierunków i osiągnięć w tej dziedzinie, a jednocześnie uwzględniającego dotychczasowe dokonania, nie przyniosły rezultatu. Brak takiego podręcznika niezwykle utrudnia proces dydaktyczny, możliwość pogłębiania wiedzy przez studentów oraz jej egzekwowanie zarówno na kursach podstawowych, jak i specjalizacyjnych, prowadzonych zwłaszcza dla słuchaczy studiów niestacjonarnych.

Niniejsze opracowanie mające na celu wypełnienie tej luki, dotyczy podstaw biologii, ekologii i metod zwalczania chwastów, ze szczególnym uwzględnieniem najbardziej upowszechnionej metody chemicznej. Oprócz nielicznych wyjątków, nie zamieszczono w nim szczegółowych instrukcji czy zaleceń praktycznych zwalczania chwastów w konkretnych uprawach. Informacje takie, zwłaszcza na temat wykorzystania metody chemicznej, czytelnik znajdzie w licznych i uaktualnianych corocznie zaleceniach ochrony roślin oraz w czasopiśmie rolniczych. Autor ma nadzieję, że opracowanie to, poza rozszerzeniem wiedzy podstawowej na temat biologii i ekologii chwastów, ułatwi czytelnikowi zrozumienie funkcjonowania wielu czynników decydujących o skuteczności chwastobójczej przedstawionych metod zwalczania chwastów i wskaże na możliwości ich regulacji w kierunku zwiększenia efektywności, zmniejszenia kosztów i minimalizacji wpływu na środowisko.

Książka kierowana jest przede wszystkim do studentów wydziałów rolniczych i ogrodniczych. Zawarte w niej informacje, oparte o liczne źródła literatury krajowej i zagranicznej, mogą okazać się przydatne także dla doktorantów, pracowników naukowych, nauczycieli szkół średnich, doradców rolniczych oraz pracowników różnych służb związanych z produkcją roślinną i ochroną roślin. Zdaję sobie sprawę, że wiele zagadnień poruszanych w tej książce może nie w pełni satysfakcjonować wymagającego Czytelnika. Z tego też względu w zawartym wykazie literatury, oprócz prac, na które powoływałem się w tekście książki, wyszczególniam także niektóre pozycje uzupełniające i rozszerzające wiedzę herbologiczną. Za wszelkie krytyczne uwagi, które pozwolą usunąć usterki i błędy jakie mogły znaleźć się w tym opracowaniu, a także za sugestie uzupełnienia przedstawionych treści podręcznika będę niezmiernie wdzięczny.

Wielu nauczycieli akademickich zajmujących się badaniami herbologicznymi oraz nauczaniem tego przedmiotu w uczelniach rolniczych w Polsce zachęcało mnie do napisania tej książki i za tę mobilizację jestem im bardzo wdzięczny.

Serdeczne podziękowania składam prof. dr hab. Henryce Roli i prof. dr hab. Józefowi Roli z Zakładu Herbologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu, należącego do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, za podjęcie się recenzji tej książki, wiele krytycznych uwag, przyjazne i twórcze dyskusje poparte ich wieloletnim doświadczeniem badawczym i dydaktycznym w tej dziedzinie, a także za udostępnienie wielu pozycji literaturowych ze zbiorów własnych.

Również za udostępnienie opublikowanych wyników badań własnych oraz innych źródeł literaturowych jestem niezmiernie zobowiązany prof. dr hab. Marianowi Wesołowskiemu z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, prof. dr hab. Irenie Małeckiej i prof. dr hab. Andrzejowi Bleharczykowi oraz prof. dr hab. Annie Kryszak i prof. dr hab. Janowi Kryszakowi z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Za wiele życzliwości w trakcie pisania tej książki oraz pomoc związaną z jej wydaniem jestem bardzo wdzięczny prof. dr hab. Stanisławowi Kozłowskiemu z Katedry Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego UP w Poznaniu.

Niezmiernie ważną i pomocną w napisaniu tej książki była dla mnie wieloletnia współpraca naukowo-dydaktyczna i twórcze dyskusje z dr. Johnem D. Nalewają oraz dr. Calvinem G. Messersmithem – profesorami North Dakota State University w Fargo, USA, za co składam im serdeczne podziękowanie.

Pragnę również podziękować mojej żonie Lidii za pomoc edytorską i korekcyjną w przygotowywaniu manuskryptu tej książki.

Wydanie II niniejszego podręcznika, które zostało uaktualnione i uzupełnione, zwłaszcza w części poświęconej metodom zwalczania chwastów, nie byłoby możliwe bez wsparcia następujących firm fitofarmaceutycznych prowadzących działalność gospodarczą na terenie naszego kraju: Arysta LifeScience Polska Sp z o.o., BASF Polska Sp. z o.o., Bayer Sp. z o.o., Dow AgroSciences Polska Sp. z o.o., DuPont Poland Sp. z o.o., OBROL Kulczyński Sp. j., Syngenta Polska Sp. z o.o. oraz Zakład Produkcyjno-Handlowy „AGROMIX” Niepołomice.

Za okazaną życzliwość i wsparcie serdecznie dziękuję.

Zenon Woźnica

SKOROWIDZ

2,4-D 120, 132, 136, 137, 140, 141, 146, 149, 154, 162, 163, 218, **219**, 237, 251, 256, 257, 264, 266, 290, 291, 304, 306, 309, 317, 327–332, 334, 340, 343, 344, 347, 354, 360, 375, 391

Absorpcja 152, 154–156, 162, 163, 212, 241, 253, 289, 291, 301, 313

– droga hydrofilowa 158, 251, 252

– droga lipofilowa 159, 251, 252

Acetamidy 145, 172, 180

Acetochlor 134, 145, **178**, 346, 354

Addytywizm 264

Adiuwanty (wspomagacze) 133, 138, 162, 163, 166, 227, 257, 264–266, 268, 269, 292

– aktywujące 133, 163, **241**, **242**

– mineralne 239, **244**, **245**, 254

– modyfikujące 163, 232, 234, **241**, **242**, 279

– wieloskładnikowe **247**, 256

Adsorpcja 154, 300, 301, 305, 320

Agrofagi 11, 37, 38, 40, 83, 87, 88, 95, 113, 127, 134, 260

Alachlor 134, 145, 149, 154, 178, 309, 337, 345, 346

Allelochemikalia – patrz: allelopatyny

Allelopatia 18, **31–37**

Allelopatyny (allelochemikalia) 18, **31**, 33–36, 107

Amidosulfuron 134, 143, **184**, 391

Aminopyralid 146, 219, **221**, 391

Anemochoria 67

Anhydryt naftalenowy (NA) 345, 346

Antagonizm 265, 266

Aplikacja herbicydów 156, 159, 166, 259–293

Apoplast 153, 154, 164–167

Asulam 145, **215**, 391

Atrazyna 122, 134, 135, 140, 143, 155, 251, 304–308, 316, 319, 323, 334–338, 367

Auksyny 146, 170, 218, 219, 223, 247, 347, 353, 354

Autochoria 67

Bank nasion **70–73**, 83, 85, 100, 104, 256, 378

Barwniki antenowe 195, 202, 207

Beflubutamid 144, 391

Benazolina 122, 146, 219

Benoksakor 345, 346

Bentazon 144, 160, 197, **202**, 256, 257, 331, 339, 344, 391

Benzamidy 145, 213–217

Benzotiodiazinony 144, 197, 202

Betaoksydacja (β -oksydacja) 327, 330, 332

Białka transportowe 162

Bifenoks 144, 167, **206**, 391

Bioaktywacja 326–328, 332, 334, 343

- Biodegradacja 318, 325, 326, 328
Bioherbicydy 116, 117, 119
Biotyp 57, 80, 81, 92, 94, 126–129, 142,
198, 295, 325, 327, 328, 343, 347–388
Błona komórkowa (plazmalemma) 153–
161, 216
Bromoksynil 141, 144, 149, 197, 198,
202, 288, 306, 329, 334, 335, 344,
354, 371, 375, 391
Bronowanie, brony 58, 59, 104, 105, 128,
284, 285, 310
- C**AS 131, 132, 134
Cebule, cebulki 49, 55, 58–61, 89, 150
Celuloza 158, 160, 170, 213–217, 354
Centrum antenowe 195, 202
Chemigacja 285, 310
Chinochlamina 146, **224**, 391
Chinomerak 146, **224**, 391
Chizalofop–P 143, 256, 391
– etylowy **173**
– tefurylowy **174**
Chlomazon 145, 208, 209, **212**, **213**, 309,
310, 392
Chlopyralid 146, 160, 219, **222**, 264, 304,
306, 310, 392
Chloroacetamidy (chloroacetanilidy) 136,
145, 178
Chlorofil 62, 142, 195, 197, 204–208
– chlorofil singletowy 196
– chlorofil tripletowy 196, 197, 171
Chloroprofam 140, 145, 154, 155, **214**,
215, 354, 392
Chlorosulfuron 121, 135, 143, 149, **183**,
184, 287, 309, 316, 318, 322, 323,
354, 392
Chlorotoluron 134, 136, 140, 144, 167,
201, 349, 354, 392
- Chlorydazon (pirazon) 143, **200**, 325, 392
Chwasty
– agresywność 24, 28, 54, 259
– azotolubne (nitrofilne) 82, 84
– biologia 47–86
– dwuletnie 55, 57, 63, 165, 167
– ekologia 47–86
– jare 56, 57
– kosmopolityczne 50, 81
– kwasolubne (acidofilne) 81
– leśne 15, 50, 53
– łąk i pastwisk 51, 52
– ozime 57
– pasożytnicze 62–64
– polne (segetalne) 15, 50, 51
– roczne 55, 56, 100, 120, 288, 361, 365
– ruderalne 15–17
– samożywne 62
– szczególnie szkodliwe 45
– trujące 41, 42, 44, 52, 63, 118
– wieloletnie (trwałe) 16, 25, 31, 50,
55, 58–62, 70, 83, 92, 98, 99, 105–
108, 110, 120, 129, 138, 139, 142,
154, 165–167, 173, 204, 285, 288,
296, 361, 371, 375
– właściwe 15
– wodne 15, 49, 54, 55
– zimujące 57
- Ciecz opryskowa 41, 125, 136, 137, 141,
156–159, 163, 164, 227–295, 320, 358
CMC – patrz: krytyczne stężenie miceli
Cykloat 122, 136, 178
Cykloheksanodiony 140, 143, 173, 175
Cykloksydym 140, 143, **175**, 292
Cynidon etylowy 144
Cyometrinil 346
Cytochrom P450 330, 343–345, 357, 374
Czynniki antropogeniczne 47, 80, 82, 300

- Czynniki glebowe a działanie herbicydów 289
- Czynniki klimatyczne (pogodowe) a działanie herbicydów 290–293
- D**ealkilacja 318, 330, 331, 338
- Deaminacja 333
- Deestryfikacja 173, 327, 334
- Dehalogenacja 318
- Dekarboksylacja 318
- Desmedifam 143, 197, **200**, 263, 392
- Desykacja 110, 121, 141, 197, 204–206
- DHP – patrz: inhibitory syntazy dihydroperoatowej
- Dichlobenyl 140, 145, 149, **217**, 309, 354
- Dichlofop 122, 146, 149, 219, **220**, 264
- Dichlormid 321, 345, 346
- Diflufenikan 144, 149, **209**, 213, 257, 264, 335, 392
- Dikamba 137, 141, 146, 165, **221**, 253, 264, 308, 312, 315, 331, 393
- Dikwat 121, 125, 134, 138, 141, 167, **203**, **204**, 305, 309, 320, 326, 354, 393
- DIMBOA 335, 336
- Dimetachlor 145, 149, **179**
- Dimetenamid-P 145, **179**, 393
- Diuron 121, 144
- Długowieczność nasion – patrz: żywotność nasion
- Dwufenyloetery 144, 145, 206
- Dwunitroaniliny 134, 136, 145, 154, 213, 214, 310, 353, 369
- Dyfuzja 152–154, 159–163, 167, 249, 252, 290, 294, 299, 307
- E**femerydy 56
- Ekstendery 230, 321
- Ektodezmaty 160
- Emulgator 233, 242–244, 246, 248, 253
- EPTC 146, 155, 306–311, 316, 321, 330, 345, 346
- Etametsulfuron 143, **183**, 393
- Etofumesat 121, 146, **182**, 264, 393
- F**ale elektromagnetyczne 111
- Fenchlorazol 346
- Fenmedifam 121, 133, 140, 143, 197, **200**, 256, 262–264, 266, 296, 344, 393
- Fenoksaprop-P 143, **174**, 327, 334, 337, 346, 394
- Fenylokarbaminiany 143, 197, 200
- Fenylopirydazyny 144
- Fenylopyrazole 144, 167, 173
- Fermentacja gorąca 90
- Fitochrom 78, 205
- Florasulam 140, 143, 183, **189**, 394
- Flazasulfuron 143, **185**, 394
- Florasulam 143, **185**, 394
- Fluazyfop-P 137, 143, 173, **174**, 250, 394
- Flufenacet 145, 149, **178**, 189, 335, 394
- Fluksofenim 346
- Fluorochloridon 144, **210**, 394
- Fluoroglikofen 144, **206**
- Flupirsulfuron 143
- Flurazol 345, 346
- Fotoindukcja (fotoblastyzm) 79
- Furilazol 346
- Fluoksypyr 146, 219, **222**, 394
- Flurtamon 144
- Foramsulfuron 134, 140, 143, 149, **185**, 237, 346, 394
- Formulacje herbicydów 122, 132, 133, 136, 163, 177, **227–234**, 246, 247, 249, 251, 253, 267, 279, 282, 292, 293, 306, 321, 344, 345

- Formy użytkowe – patrz: formułacje herbicydów
- Fosforoamidaty 143
- Fosforoditiony 145
- Fotoblastyzm (fotoindukcja) 78
- Fotosynteza 194
- Fotosystem I (PS I) 202–204
- Fotosystem II (PS II) 195, 196
- Ftalamidy 223, 224
- G**ęstość cieczy opryskowej 279, 280
- Glifosat 84, 101, 122, 132, 133, 139–141, 145, 150, 162, 165, **191**, **192**, 228, 229, 235–237, 239, 247–252, 254, 256, 257, 266, 269, 291, 296, 304–306, 308, 309, 320, 326, 349, 354, 358, 366–375
- Glufosynat 136, 138, 139, 141, 145, 167, 193, **194**, 237, 256, 364, 354, 366, 367, 373–375, 378, 379, 394
- Glutation 328, 331, 332, 337, 338, 341–343, 345, 346, 357
- GMO 325, 367, 369–370, 375, 379
- Graminicidy 121, 138, 140, 172–177, 256, 265, 266, 353, 358
- H**aloksyfop-R 140, 143, 149
- Herbicydy
- dawka 36, 12–122, 125, 126, 129, 137, 138, 151, 152, 159, 162, 163, 192, 227, 231, 235–240, 253, 254, 261, 262, 274–280, 282, 286–288, 293–295, 303, 313, 348, 350, 351, 361, 372
 - doglebowe 140, 141, 152, 268, 270, 284, 287, 313, 314
 - dolistne 140, 141, 151, 155, 165, 251, 268, 287, 310
 - dolistno-doglebowe 140, 141
 - fotoaktywne 206, 291
 - grupy funkcyjne (reaktywne) 328, 329, 334, 337
 - klasyfikacja 133
 - kontaktowe 141, 165, 167, 193, 206, 250, 269, 270, 290, 373
 - nazewnictwo 131
 - nieselektywne 100, 121, 137–139, 191, 193, 296, 297, 325, 326, 364, 366, 367, 370, 371
 - parzące – patrz: kontaktowe
 - selektywne 119, 121, 137, 138, 177, 178, 191 259, 327
 - systemiczne 141, 162
 - termin stosowania 134, 137, 140, 141, 288
 - układowe – patrz: systemiczne
- Herbigacja 285
- HLB (liczba HLB) 243, 246, 250, 252
- HRAC 142, 170
- Humektant 242, 246, 257
- Hydrochoria 67
- Hydroksylacja 319, 330, 331, 338
- Hydroliza 306, 316–320, 326–329, 334
- I**mazamoks 143, 150, 183
- Imazapyr 122, 143, 183
- Imidazolinony 140, 143, 154, 160, 183, 306, 317, 327, 245, 360, 369, 375
- Inhibitory
- biosyntezy aminokwasów 170, 182–192
 - biosyntezy celulozy 170, 216–224
 - biosyntezy lipidów 170–182
 - biosyntezy pigmentów 170, 204–213
 - fotosyntezy 170, 194–207

- funkcjonowania mikrotubuli 170, 213–215, 254
- podziałów komórkowych 167, 214–216
- inhibitory syntazy dihydropteroatowej (DHP) 145, 215, 216
- transportu auksyn 170, 218–224
- Inkorporacja z glebą 140, 152, 268, 284, 285, 291, 294, 299, 310, 311, 342
- Inwersja 284
- Izoksazolidinony 212, 310
- IUPAC 131, 132, 170
- Izoksafutol 144, 209, **211**, 354, 394
- Izoksazole 144
- Izoproturon 134, 144, 197, **201**, 349, 395
- J**odosulfuron 135, 143, 186, 246, 395
- K**alibracja opryskiwacza 267, 272–280
- Karbaminiany 143, 145, 146, 172, 178, 181, 197, 214–216, 306, 346
- Karboksylaza acetylo-CoA (ACC₂) 143, 172, 173, 353–359
- Karfentrazon 144, **207**, 395
- Karotenoidy 144, 145, 195–197, 204, 207–210, 213, 354
- Kiełkowanie 25, 33–36, 45, 47, 52, 56, 64, 68, 70, 72–74, 75–80, 88, 90, 91, 98–100 107–109, 111–112, 116, 154, 157, 178, 217, 290, 291, 294
- Klasy toksyczności 147, 148
- Klasyfikacja chwastów 47
- Klasyfikacja HRAC 142
- Kletodym 140, 143, 150, 173, **176**, 237, 357, 359
- Kłokwintocet 346
- Kłącze 41, 58, 59, 61, 66, 82, 288
- Kody Bayera (EPPO) 48
- Kompensacja
 - biotypów odpornych 86, 126, 350
 - gatunków odpornych 85, 348–350
- Kompost 90, 91, 102
- Kondycjonery wody 239, 247, 257
- Koniugacja 319, 326
 - pierwotna 319, 336–340
 - wtórna 328, 340–342
- Konkurencja roślin 18–31, 53, 54, 63–66, 83, 85, 93, 94, 96–98, 107, 113, 118, 119, 123, 128, 129, 259–262
- Korzeń palowy 59
- Krytyczne stężenie miceli (CMC) 243, 244, 250
- Krytyczny okres zachwaszczenia 29–31
- Kutikula 156–164, 240–243, 249, 251–253, 285–289, 291–293, 334
- Kutyna 158, 159
- Kwas indoliloctowy (IAA) 146, 208, 218
- Kwasy chlorowęgłowe 146
- Kwasy fenoksykarboksylowe 146, 219
- Kwasy tłuszczowe o długich łańcuchach (VLCFA) 145, 177, 178, 354
- L**enacyl 121, 134, 143, 197, 199, 284, 395
- Linuron 121, 132, 134, 135, 137, 154, 155, 167, 197–199, **201**, 257, 304, 309, 395
- Lipidy 142, 146, 169–173, 178–181, 194, 196, 197, 204–206
- M**akroerozja gleby 312
- Materiał siewny 89, 90, 94, 128, 378
- Mazacz 267, 285, 364
- MCPA 120, 133, 146, 219, **220**, 237, 256, 257, 290, 292, 327, 330, 332, 349, 360, 395
- MCPB 146, 219, **220**, 327, 332, 395

- Mechanizm działania herbicydów 142–146, 169–225, 360, 363, 371, 376, 391, 399
- Mefenpyr 346
- Mekoprop-P 146, **221**, 395
- Metabolizm herbicydów 264–266, 287, 295–297, 325–346
- Metamitron 133, 134, 140, 143, 149, 197–**199**, 395
- Metazachlor 145, **179**, 396
- Metody zwalczania chwastów
- agrotechniczno-mechaniczna 58, 88, 94–106, 124, 129, 260, 267
 - biologiczna 88, 113–119
 - chemiczna 88, 119–127
 - fizyczna 107–112
 - integrowana (kompleksowa) 88, 119, 127–129, 361
 - termiczna 108–111
 - zapobiegawcza (profilaktyczna) 88–94, 256
- Metolachlor-S 122, 145, **180**, 229, 309, 310, 337, 345, 346, 396
- Metosulam 143, 183, **189**, 359, 396
- Metrybuzyna 143, 149, **199**, 257, 309, 329, 396
- Metsulfuron 143, **186**, 396
- Mezosulfuron 143, **186**, 237, 266, 365, 396
- Mezotrion 36, 144, 150, **210**, 213, 396
- Miejsce działania herbicydów 141, 160, 266, 295, 366, 373
- Mieszanki herbicydów 27, 233, 263–266, 287, 350
- Mikoherbicydy 116, 119
- Mikroerozja gleby 312
- Mikrotubule 145, 170, 213
- Miotacze płomieniowe 110, 111
- Motyczenie 104
- Mrówkosiewność (myrmekochoria) 68
- Mulcze (ściółki) 35, 36, 107, 108, 314
- Myrmekochoria – patrz: mrówkosiewność
- N**apięcie powierzchniowe 157, 162, 163, 243, 246, 248–251, 285
- dynamiczne 249, 250
 - statyczne 249
- Napropamid 145, 178, **180**, 329, 396
- Naptalam 146, 122, 223, **224**, 305
- Nazwy herbicydów
- chemiczna 131
 - handlowa 132
 - zwyczajowa 132
- N-fenyloftalimidy 144
- Niekompatybilność 263
- Nikosulfuron 143, 183, **186**, 237, 247, 359, 396
- Nitrile 144, 197, 198, 217, 357
- O**bce uprawne 12, 15–17, 369, 378
- Obornik 68, 90, 91, 107
- Obredlanie 105, 312
- Odczyn (pH) 71, 81, 98, 163, 244, 246, 247, 253, 256, 257, 301, 303, 304, 306, 316–318, 321, 334
- Odporność 137, 169, 213, 219, 289, 294, 296, 297, 308, 325, 335, 343, 344
- krzyżowa 359, 368
 - wielokrotna 359, 377
- Oksadiargyl 144
- Oksyacetamidy 145, 178, 181
- Oksydaza protoporfyrinogenowa (PPO; Prottox) 144, 167, 205, 206, 354
- Oksyfluorofen 144, **207**, 304, 309, 354, 396
- Oleje 112, 120, 136, 156, 159, 162–164, 228, 232–234, 240–256

- Opady 31, 40, 66, 67, 80, 100–103, 106, 163, 164, 282, 289, 291, 292, 294, 299, 300, 307–309, 312, 313
- Opielanie 104–106, 260, 350
- Opryskiwacz 116, 124, 139, 156, 225–238, 241, 242, 245, 260, 267–285, 296, 363, 435
- Opryskiwanie pasowe 129, 141, 260, 279, 332
- Organoarseniany 146
- Organy rozmnażania wegetatywnego 13, 17, 22, 25, 42, 55, 58, 59, 61, 89, 102, 107, 109, 129, 142, 166, 192, 204, 288, 299, 361
- Orka chemiczna 138
- Oksabetrinil 345, 346
- P**arakwat 121, 125, 134, 138, 141, 144, 149, 162, 163, 167, 203, 235, 266, 269, 290, 296, 304, 305, 308, 309, 320, 326, 358, 361
- Parowanie 19, 101, 109, 241, 246, 251, 291, 307, 309
- Pasmo Caspariana 153, 154, 166
- Pektyny 158, 159, 164
- Pendimetalina 134, 145, 150, 213, **214**, 252, 301, 305, 310, 315, 354, 396
- Petoksamid 145, **180**, 396
- pH – patrz: odczyn
- Pielęgnacja podorywki 99, 100
- Pikloram 146, 165, 219, **222**, 309, 396
- Pinoksaden 143, 173, **177**, 397
- Pirazol – patrz: chlorydazon
- Piridat 142, 144, 397
- Piroksyzulam 143, **190**, 397
- Pirydynokarboksamidy 144, 209
- Plastochinon 195, 356
- Plazmalemma – patrz: błona komórkowa
- Plenność chwastów 13, 64, 73
- Pochodne
- amidów 142
 - benzofuranu 144, 180
 - dwunitrofenolu 146
 - dwupirydyli 134, 144, 203, 204, 353
 - glicyny (aminofosfoniany) 145, 192
 - kwasu aryloaminopropionowego 145
 - kwasu benzoowego 145, 146, 219, 221, 317
 - kwasu fosfoniowego (fosfoniany) 145, 193, 194, 306
 - kwasu chinolinokarboksylowego 146, 219, 223
 - kwasu pyridinokarboksylowego 146, 219, 221
 - mocznika 121, 134, 135, 144, 145, 154, 167, 195–197, 201
 - pyrazolium 146
 - sulfonylomocznika 121, 134, 135, 140, 143, 160, 184, 232, 237, 246, 253, 265, 290, 317, 345, 350, 354, 357, 359
- Podorywka 99, 100, 102, 103
- Polimorfizm 75
- Pompa protonowa 160, 161
- Pozostałości herbicydów 125, 261, 299, 312–322, 342, 367, 369, 376, 387
- Półokres rozpadu 315, 316, 320, 321
- Półpasożyty 62, 63
- PPO – patrz: oksydaza protoporfyrinogenna
- Prawo absorpcji Ficka 159, 163
- Prąd elektryczny 112
- Presja selekcyjna 348, 349, 362, 370, 376
- Prężność par 309, 310
- Progi szkodliwości chwastów 26–28, 260
- Proherbicydy 327, 330, 332

- Prometryna 122, 134, 140, 143, 309, 310
Propachizafop 143, **175**, 397
Propachlor 134, 145, 154, 309
Propizochlor 145
Propoksykarbazon 143, 183, **190**, 397
Propyzamid 140, 145, 150, 213–**215**, 290, 397
Prosulfokarb 146, **181**, 354, 397
Protektanty – patrz: sejfny
Protox – patrz: oksydaza protoporfyrinogenowa
Próchnica glebowa 81, 262, 301–305, 308, 316, 318
Przechwytywanie jonów 161
Przemiany herbicydów w glebie
– procesy fizyczne 300–314
– procesy chemiczne 296, 314–318
– procesy biologiczne 300, 318–321
Przepływ masowy 152, 154, 167, 294, 307
Przykaszanie 53, 92, 105
Pyraflufen 144
Pyridazinony 143, 144, 197, 200
Pyridyny 145
Pyrimidynylo(tio)benzoaty 143, 365
- R**eaktywne substancje utleniające 196
Redukcja 319, 326, 328, 329, 333
Regulacja zachwaszczenia 14, 83, 87, 88, 110, 259
Regulatory wzrostu 120, 154, 170, 208, 218, 219, 223, 255, 263, 293–296, 310, 344
Retencja 137, 156–158, 162, 163, 242–250, 286, 287, 292, 356, 358
Rimsulfuron 134, 143, **187**, 359, 397
Rodnik tlenu singletowego 196, 197, 205, 206, 208
Rolnictwo ekologiczne 87, 95, 103, 126
Rolnictwo zrównoważone 95, 96, 127
Rośliny transgeniczne 113, 335, 343, 369–371, 376, 379
Rozkład herbicydów 299–323
Rozłogi 22, 66, 89, 91, 92, 102
– nadziemne 61
– podziemne 58, 60, 61, 102
Rozmnażanie chwastów 64
Rozpylacze 139, 157, 163, 235, 237–239, 268–282, 284, 289, 295
Rozsiewanie się chwastów 66–69
- S**amosiewy – patrz: obce uprawne
Sejfny (protektanty) 172, 230, 265, 294, 297, 321, 344–346
Sekrecja 295
Sekwestracja 328, 341, 342
Selektywność 124, 133, 134, 137, 138, 170, 177, 183, 206, 219, 259, 261, 291, 293–297, 308, 325, 327, 328, 335, 343–345, 366
Semikarbazony 146
Setoksydym 121, 122, 143, 237, 254
Siarczan amonowy 84, 239, 240, 246, **256**
Siarczan żelaza 134, 146, 224, **225**, 397
Siedlisko a zachwaszczenie 13, 14, 16, 28, 40, 47, 58, 64–66, 71, 72, 80–86, 114
Skład mechaniczny gleby 72, 308, 320
Skaryfikacja 75
Solaryzacja 112
Sorpacja 170, 235, 302–308
Spczynek 13, 16, 36, 70, 73–79, 100
– bezwzględny 76–79
– cykliczność 76
– pierwotny 75, 76
– wtórny 76
– względny 79
Sposób działania herbicydów 169

- Stan zachwaszczenia – patrz: zachwaszczenie
- Stopień zachwaszczenia – patrz: zachwaszczenie
- Stratyfikacja 76
- Stres wodny 157, 162, 289, 290
- Sublimacja 309
- Substancje powierzchniowo czynne – patrz: surfaktanty
- Sulfosulfuron 143, **187**, 290, 323, 397
- Sulkotrion 144, 211, 397
- Surfaktanty 162, 232–234, 239, 242–252
- amfoteryczne 244
 - anionowe 244, 302, 305, 306
 - kationowe 244, 257
 - niejonowe 245, 247
- Symazyna 121, 122, 140, 143, 310, 315, 319, 349, 351
- Symplast 151, 153, 164–166
- Synergizm 264, 265
- Syntaza acetylolaktanowa (ALS/AHAS)
- 143, 182–190, 353, 354, 357, 359, 368, 375, 379
 - celulozowa 216
 - dihydropteroatowa (DHP) 145, 215, 216
 - kwasu 5-endopirogrono–3-fosfosziki-mowego (EPSP) 145, 191, 192, 353, 354, 371–373
- Syntetaza glutaminowa 145, 192–194, 354
- Syntetyczne auksyny 170, 218, 347, 353, 354, 374
- Szlak kwasu mewalonowego 208, 209
- Szkodliwość chwastów 18–45
- Ś**ściana komórkowa 145, 153, 158, 160, 164, 216–218, 241, 326, 328, 334, 340, 342, 358, 368
- Ściółkowanie – patrz: mulcze
- Światło
- działanie herbicydów 291
 - kiełkowanie chwastów 77
- T**embotrion 144, 211, 346, 440
- Temperatura powietrza 74, 76, 79, 138, 162, 163, 253, 290, 296, 297
- Tepraloksydym 143, **176**, 397
- Terbacyl 122, 134, 138, 143, 149, 295, 315
- Terbutyloazyna 134, 135, 137, 140, 149, 167, **198**, 317, 397
- Tetrazolinony 145
- Tienkarbazon 143, **190**, 211, 346, 397
- Tifensulfuron 143, **187**, 397
- Tiodiazole 144
- Toksyczność herbicydów 121, 122, 125, 134, 146–150
- chroniczna 147
 - dla organizmów wodnych 148
 - dla pszczoł 125
 - dla zwierząt stałocieplnych 122
 - ostra 125, 147
- Tolerancja 137, 138, 265, 293–297, 322, 325, 327, 333, 334, 343–345, 348, 351, 365–368, 374
- Tralkoksydym 143, 173, **176**, 237, 397
- Transformacja 326, 333, 370
- Transport herbicydów (translokacja) 151, 160, 162, 164–167, 345, 356, 358
- Trialat 136, 146, 149, 178, 304, 310, 316, 327, 328, 365
- Triasulfuron 143, 183, **188**, 310, 398
- Triazinony 145, 197, 199
- Triazole 145
- Triazolinony 143, 144, 207
- Triazolokarboksamidy 145, 217

- Triazyny 145, 154, 195, 197, 198, 254, 265, 306, 308, 315, 317, 319, 336, 337, 343, 349, 352, 353, 356, 357, 361, 362, 370, 375, 379
- Tribenuron 143, **188**, 264, 398
- Trichlopyr 146, 219, **223**, 398
- Trifluralina 134, 140, 145, 150, 154, 213, 304, 306, 309, 310
- Triflusuifuron 143, **188**, 398
- Tritosulfuron 143, **189**, 398
- Trójketony 144, 210
- Twardość nasion 75
- Twardość wody 236, 239, 249, 253, 254, 266, 289
- U**latnianie 36, 133, 140, 152, 241, 284, 285, 300, 307, 309–311
- Uracyl 143, 197, 199
- Utlenianie 319, 326–328, 330–332, 344, 345
- W**ilgotność powietrza 40, 69, 80, 158, 163, 167, 237, 253, 262, 290, 291, 296
- Woda jako nośnik herbicydów
- ilość 234, 238, 269, 278, 279
 - jakość 234–242
 - twardość 236, 239
 - wydatek jednostkowy 238, 270–280
- Wosk 157–159, 170, 171, 177, 228, 232, 242, 243, 245, 246, 248, 250–253, 291, 295, 356
- Wrażliwość na herbicydy 123, 132, 135, 136, 171, 176, 195, 219, 257, 284, 321, 323, 328, 339, 344, 353, 359
- Wskaźnik odporności 351
- Wskaźnik prężności par 309, 310
- Wskaźnik sorpcji 170, 303, 304, 308
- Wspomagacze – patrz: adiuwanty
- Współczynnik
- sorpcji 302, 306
 - transpiracji 20
- Współzawodnictwo chwastów – patrz: konkurencja
- WSSA 119, 132
- Wypalanie 109, 110
- Z**achwaszczenie
- pierwotne 25
 - stan 14, 261, 287
 - stopień 14, 15
 - wtórne 25, 71, 104
- Zespoły uprawek
- pielęgnacyjne 105, 128
 - późniwne 79, 99–101, 120
 - wiosenne 101, 102
- Zioła 14, 51, 63
- Zmianowanie roślin 64, 95, 96, 101, 128, 361, 363, 378
- Zmienność chwastów
- interspecyficzna 80
 - intraspecyficzna 80
- Znoszenie kropel (dryft) 67, 229, 239, 241, 242, 247, 248, 269, 270, 273, 279, 283, 284
- Zoochoria 67
- Ż**ywoćność (długowieczność) nasion 13, 16, 17, 64, 70, 73, 74, 81, 91, 109, 111, 116, 361