



Instytut Uprawy
Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy

Justyna Trajdos

**Ocena łącznego stosowania herbicydów
z adiuwantami w przedwiosennej ochronie
ziemniaka i buraka cukrowego**

Rozprawa doktorska wykonana
w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –
Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach
w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu

Promotor: dr hab. Mariusz Kucharski, prof. nadzw.

Puławy 2012

Pragnę złożyć serdeczne podziękowania:

*promotorowi dr hab. Mariuszowi Kucharskiemu, prof. nadzw.
za cenne rady i wskazówki pomocne przy pisaniu niniejszej pracy*

*prof. dr hab. Jerzemu Sadowskiemu
za opiekę i cenne konsultacje naukowe*

*wszystkim pracownikom
Zakładu Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu
za okazaną mi życzliwość i pomoc w trakcie realizacji pracy*

*mojemu Mężowi Maciejowi i Rodzicom,
za wsparcie i pomoc w realizacji życiowych celów*

Autorka

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	7
1.1. Hipoteza badawcza	8
1.2. Cel pracy	8
2. PRZEGLĄD LITERATURY	9
2.1. Adiuwanty dla środków ochrony roślin	9
2.1.1. Funkcje adiuwantów modyfikujących	10
2.1.2. Podział i funkcje adiuwantów aktywujących	11
A. Właściwości i funkcje surfaktantów	11
B. Podział i funkcje adiuwantów olejowych	13
C. Właściwości i funkcje adiuwantów mineralnych	15
D. Właściwości i funkcje adiuwantów wieloskładnikowych	16
2.2. Przemiany herbicydów w środowisku	17
A. Gleba	17
B. Wody powierzchniowe i gruntowe	21
C. Produkty rolne	23
2.3. Wpływ adiuwantów na zachowanie się herbicydów w glebie	24
2.4. Regulacje prawne	27
3. MATERIAŁY I METODYKA	33
3.1. Doświadczenia polowe	34
3.1.1. Doświadczenia polowe w uprawie buraka cukrowego	35
3.1.2. Doświadczenia polowe w uprawie ziemniaka	38
3.1.3. Metody oceny skuteczności i fitotoksyczności herbicydów	40
3.1.3.1. Ocena skuteczności herbicydów	41
3.1.3.2. Ocena fitotoksyczności herbicydów	41
3.2. Doświadczenia modelowe (laboratoryjne)	41
3.2.1. Przygotowanie podłoża	41
3.2.2. Aplikacja herbicydów i adiuwantów	42
3.2.3. Wpływ dodatku adiuwanta na dynamikę rozkładu herbicydu w glebie	42
3.2.4. Wpływ dodatku adiuwanta na przenikanie i rozmieszczenie herbicydu w profilu glebowym	43

3.3. Procedury analityczne oznaczania pozostałości herbicydów	44
3.3.1. Pobieranie, przygotowanie i przechowywanie prób do ilościowego oznaczania pozostałości herbicydów	44
3.3.2. Oznaczanie pozostałości metamitronu	45
3.3.3. Oznaczanie pozostałości chlorydazonu	47
3.3.4. Oznaczanie pozostałości metrybuzyny	49
3.3.5. Oznaczanie pozostałości propizochloru	51
3.3.6. Oznaczalność metod analitycznych	53
3.4. Obliczenia statystyczne	53
3.5. Warunki meteorologiczne	54
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW	56
4.1. Doświadczenia polowe	56
4.1.1. Ocena działania i pozostałości herbicydów w uprawie buraka cukrowego	56
4.1.1.1. Doświadczenie: Turów 2008	56
4.1.1.1.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu .	57
4.1.1.1.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu	58
4.1.1.1.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów	59
4.1.1.2. Doświadczenie: Strzelin 2008	61
4.1.1.2.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu .	62
4.1.1.2.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu	63
4.1.1.2.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów	65
4.1.1.3. Doświadczenie: Turów 2009	67
4.1.1.3.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu .	67
4.1.1.3.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu	68
4.1.1.3.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów	70
4.1.1.4. Doświadczenie: Iwiny 2009	72
4.1.1.4.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu .	72
4.1.1.4.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu	74
4.1.1.4.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów	75
4.1.1.5. Doświadczenie: Turów 2010	77
4.1.1.5.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu .	77
4.1.1.5.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu	79

4.1.1.5.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów	80
4.1.2. Ocena działania i pozostałości herbicydów w uprawie ziemniaka	82
4.1.2.1. Doświadczenie: Kościerzycy 2008	83
4.1.2.1.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metrybuzyny	83
4.1.2.1.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność propizochloru	84
4.1.2.1.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów.....	86
4.1.2.2. Doświadczenie: Turów 2009	88
4.1.2.2.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metrybuzyny	88
4.1.2.2.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność propizochloru	89
4.1.2.2.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów	91
4.1.2.3. Doświadczenie: Turów 2010	93
4.1.2.3.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metrybuzyny	93
4.1.2.3.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność propizochloru	94
4.1.2.3.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów.....	96
4.2. Doświadczenia modelowe (laboratoryjne)	98
4.2.1. Wpływ dodatku adiuwanta na dynamikę rozkładu herbicydu w glebie	98
4.2.1.1. Dynamika rozkładu metamitronu w glebie	99
4.2.1.2. Dynamika rozkładu metrybuzyny w glebie	101
4.2.2. Wpływ dodatku adiuwanta na przemieszczanie i rozmieszczenie herbicydu w profilu glebowym	103
4.2.2.1. Przenikanie i rozmieszczenie metamitronu w profilu glebowym	104
4.2.2.2. Przenikanie i rozmieszczenie metrybuzyny w profilu glebowym	105
5. DYSKUSJA WYNIKÓW	108
6. WNIOSKI	120
7. SPIS LITERATURY	123

1. WSTĘP

Jeszcze w połowie lat 90-tych szacowano, że każdego roku w uprawach rolniczych, na całym świecie, zużywa się ok. 2,5 mln ton pestycydów (PIMENTEL 1995, VAV DER WERF 1996). Jednak tylko niewielka ich część ($<0,1\%$) faktycznie dociera do miejsca działania. Pozostałe 99,9% „tracone” jest w wyniku znoszenia przez wiatr, zmywania przez deszcz czy odbijania od powierzchni roślin, co może niekorzystnie wpływać na środowisko poważnie je zanieczyszczając (PIMENTEL 1995, WANG I LIU 2007). W roku 2009 Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej przyjęły Dyrektywę 2009/128/WE (DYREKTYWA 2009) ustanawiającą ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. Zgodnie z postanowieniami Dyrektywy państwa członkowskie zostały zobligowane do zminimalizowania zagrożenia dla zdrowia ludzi i środowiska, jakie wynika ze stosowania środków ochrony roślin. Jednym ze sposobów osiągnięcia tego celu może być aplikacja pestycydów w mieszaninie z adiuwantami. Substancje te wykorzystywane są głównie jako dodatki wspomagające działanie herbicydów dolistnych (MATYSIAK I IN. 1995, MCMULLAN I IN. 1998, PRACZYK I ADAMCZEWSKI 1996, PRACZYK 2001). Liczne doniesienia literaturowe potwierdzają, iż poprawiają one precyzję zabiegu oraz zwiększają skuteczność chwastobójczą w stosunku do gatunków chwastów bardzo wrażliwych, jak i średnio wrażliwych (ADAMCZEWSKI I IN. 1996, ADAMCZEWSKI I MATYSIAK 2005, PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004). Dlatego też, w warunkach sprzyjających działaniu herbicydu dodatek odpowiedniego adiuwanta pozwala na obniżenie dawki preparatu bez spadku jego chwastobójczego działania (ADAMCZEWSKI I IN. 1996, IDZIAK I WOŹNICA 2005). Ma to ogromne znaczenie dla produkcji roślinnej, zarówno z ekonomicznego, jak i ekologicznego punktu widzenia. Takie rozwiązanie powoduje zmniejszenie kosztów poniesionych na środki ochrony roślin o ok. 10–20% oraz może obniżyć poziom pozostałości substancji aktywnych herbicydów w glebie i roślinie uprawnej. Niewątpliwą zaletą adiuwantów jest również ich pozytywny wpływ ujawniający się w warunkach niekorzystnych dla działania pestycydów, takich jak: niska wilgotność i temperatura powietrza, czy występowanie chwastów w zaawansowanej fazie rozwojowej. Uważa się, iż wspomagacze utrzymują pożądaną skuteczność działania herbicydów bez potrzeby zwiększania ich dawek. Adiuwanty stosowane są najczęściej w zabiegach powschodowych (nalistnych). Nieliczne badania potwierdzają, że ich dodatek do herbicydów w zabiegach przedwschodowych

(doglebowych) ma wpływ na zachowanie się tych herbicydów w glebie (REDDY I SINGH 1993, SHARMA I SINGH 2007, SWARCEWICZ I IN. 1998). Stwierdzono, że powodują wzrost skuteczności chwastobójczej, wynikający ze zmniejszenia mobilności preparatu w głębsze warstwy profilu glebowego, dzięki czemu jego czas działania na chwasty istotnie się wydłuża oraz ograniczają jego przenikanie do wód gruntowych. Dłuższe „zaleganie” substancji aktywnych preparatów chwastobójczych nie ma jednak negatywnych skutków dla środowiska glebowego, gdyż ulegają one rozkładowi mikrobiologicznemu w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego. Wciąż jednak zbyt mało jest informacji, popartych badaniami, na temat wpływu wspomagaczy na zachowanie się herbicydów w środowisku glebowym, a także o skuteczności działania herbicydów w mieszaniu z adiuwantami stosowanych w zabiegach przedwiosennych.

1.1. Hipoteza badawcza

Stosowanie adiuwantów łącznie z herbicydami w zabiegach przedwiosennych może, podobnie jak w opryskach nalistnych (powszennych) powodować wzrost skuteczności chwastobójczej, co pozwoli na obniżenie dawki herbicydu o 20–30% w stosunku do dawki zalecanej (rekomendowanej przez producenta) i zachowanie odpowiedniej skuteczności działania.

1.2. Cel pracy

Celem podjętych badań jest ocena łącznego stosowania adiuwantów z wybranymi herbicydami na skuteczność chwastobójczą oraz określenie wpływu adiuwantów na zachowanie preparatu chwastobójczego w środowisku (dynamika rozkładu oraz stężenie pozostałości substancji aktywnych herbicydów w glebie i materiale roślinnym).

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Adiuwanty dla środków ochrony roślin

Istnieje wiele definicji substancji uważanych za adiuwanty. Związane jest to z faktem, iż pojęcie „adiuwant” wykorzystywane jest w różnych dziedzinach nauki. Termin ten pochodzi od łacińskiego słowa *adiuvo* – pomagać, wspomagać, ułatwiać. Według „Encyklopedii biologicznej” (OTAŁĘGA 1998) adiuwanty to „substancje wzmagające odpowiedź immunologiczną w stosunku do różnych antygenów, stanowiące niejednorodną grupę związków, które podane zazwyczaj jednocześnie z antygenem nieswoiście nasilają odporność humoralną lub komórkową. (...) są szeroko używane w badaniach eksperymentalnych oraz w terapii jako składniki szczepionek. (...) Głównym działaniem adiuwantów jest retencja (zatrzymanie) antygeny w miejscu podania, dzięki czemu bodziec antygenowy trwa dłużej. (...) Idealny adiuwant powinien ulegać biodegradacji, czyli powinien być eliminowany z tkanki po zakończeniu działania”. ZIMNY (2003) w „Encyklopedii ekologiczno-rolniczej” za adiuwanty uważa „substancje pomocnicze znajdujące się w środkach ochrony roślin obok substancji aktywnej lub też dodawane do cieczy roboczej, poprawiające jej skuteczność biologiczną poprzez modyfikacje właściwości fizycznych”. Twierdzi on, iż „dodatek adiuwantów obniża zużycie preparatu o 20–25%”. Natomiast Amerykańskie Towarzystwo Herbologiczne (WSSA) podaje, iż „adiuwant to substancja (różna od wody) zawarta w formie użytkowej środków ochrony roślin lub dodana do zbiornika opryskiwacza w celu zmodyfikowania właściwości biologicznych substancji czynnej preparatu lub zmiany parametrów fizykochemicznych cieczy użytkowej”.

Zainteresowanie różnymi środkami wspomagającymi działanie pestycydów sięga XIX wieku. Pierwszy udokumentowany przypadek pochodzi z USA z 1877 roku, gdzie w celu zniszczenia jaj mszyc użyto mieszaniny oleju mineralnego i mydła (PRACZYK 2001). Pod koniec XIX w. do środków ochrony roślin dodawano mydła, które otrzymywano z tłuszczu ryb i wielorybów (ADAMCZEWSKI I MATYSIAK 1997, FOY 1989, HAZEN 2000, PRACZYK 2001). Na początku XX w. do adiuwantów najczęściej stosowanych z fungicydami, insektycydami oraz herbicydami nieorganicznymi zaliczano m.in.: mydła, różne oleje, glukozę, kazeinę i melasę (FOY 1989, GREEN I BEESTMAN 2007, PRACZYK 2001, WOŹNICA 2008a).

Obecnie niekwestionowanym liderem w produkcji i stosowaniu adiuwantów są Stany Zjednoczone. Badania naukowe umożliwiły wykorzystanie w rolnictwie kilkuset wspomagaczy (PRACZYK 2001, WOŹNICA 2008a). W Polsce pierwszy adiuwant do środków ochrony roślin zarejestrowano w 1967 roku. Był nim Citowett AL, który początkowo dodawano do niektórych preparatów grzybobójczych (PRACZYK 2001). W naszym kraju intensywny rozwój badań nad adiuwantami nastąpił w ostatnich 20 latach. Doświadczenia koncentrowały się na ich wykorzystaniu jako dodatki wspomagające działanie herbicydów dolistnych (MATYSIAK I IN. 1995, PRACZYK I ADAMCZEWSKI 1996, PRACZYK 2001, WOŹNICA I IN. 2005). Kolejne badania dotyczyły wpływu adiuwantów na działanie regulatorów wzrostu, rozwój roślin (STACHECKI I IN. 2004), jak również zwiększenia aktywności biologicznej fungicydów (RATAJKIEWICZ I WOŹNICA 2006, RATAJKIEWICZ I IN. 2008) i insektycydów (RATAJKIEWICZ I WOŹNICA 2006, RATAJKIEWICZ I IN. 2008, WOŹNICA I IN. 2005) lub zaprawiania materiału siewnego (PRACZYK 2001, PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004).

Klasyfikacja wspomagaczy jest bardzo trudna, gdyż stanowią one liczną i zróżnicowaną pod względem budowy chemicznej grupę substancji. Nie zwalczają one chwastów, ani nie ograniczają ich wzrostu, ale ułatwiają przeprowadzenie zabiegu oraz poprawiają jego skuteczność (WOŹNICA 2008). Ze względu na pełnione funkcje wśród adiuwantów wyróżniamy dwie zasadnicze grupy (MCMULLAN 2000, WOŹNICA 2008a):

- A. adiuwanty modyfikujące;
- B. adiuwanty aktywujące.

2.1.1. Funkcje adiuwantów modyfikujących

Adiuwanty modyfikujące najczęściej są już zawarte w formie użytkowej środków ochrony roślin. Wpływają one na zmianę właściwości fizyko-chemicznych cieczy użytkowej, zwiększając w ten sposób dokładność i bezpieczeństwo wykonywanego zabiegu, a także (MCMULLAN 2000, PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004, WOŹNICA 2008a):

- zapobiegają pienieniu cieczy opryskowej, co istotnie ułatwia jej przygotowanie;

- umożliwiają łączne mieszanie kilku substancji aktywnych herbicydów lub herbicydów z innymi agrochemikaliami – pełniąc funkcję kompatybilatorów;
- jako kondycjonery wody mogą regulować jej twardość i odczyn;
- ograniczają korozyjne oddziaływanie cieczy użytkowej na elementy konstrukcyjne aparatury opryskowej (opryskiwacza);
- ograniczają wytwarzanie kropel o mniejszych średnicach, co znacząco przeciwdziała znoszeniu preparatu przez wiatr.

2.1.2. Podział i funkcje adiuwantów aktywujących

Adiuwanty aktywujące spełniają wiele funkcji, które ostatecznie prowadzą do zwiększenia ilości substancji aktywnej w miejscu jej działania. Efekt ten uzyskiwany jest poprzez wzrost ilości zatrzymanej cieczy opryskowej na powierzchni chwastów (retencja), a w konsekwencji zwiększonej absorpcji, czyli szybkości i ilości wnikaącej substancji aktywnej herbicydu do wnętrza komórek roślinnych. Dzięki tym złożonym procesom następuje poprawa efektywności biologicznej środków ochrony roślin, objawiająca się lepszą skutecznością ich działania. Ma to znaczący wpływ na polepszenie stabilności działania pestycydów, zwłaszcza w warunkach niekorzystnych dla ich aktywności (niska temperatura, niska wilgotność powietrza i gleby) oraz gdy na polu występują chwasty średnio wrażliwe bądź w zaawansowanych fazach rozwojowych (ADAMCZEWSKI I IN. 1996, PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004).

Ze względu na budowę chemiczną adiuwanty aktywujące dzielimy na:

- A. surfaktanty;
- B. adiuwanty olejowe;
- C. adiuwanty mineralne;
- D. adiuwanty wieloskładnikowe.

A. Właściwości i funkcje surfaktantów

To substancje powierzchniowo czynne (od ang. *surface acting agents*) o właściwościach hydrofilowo-lipofilowych. Są podstawowymi składnikami środków czyszczących, piorących i myjących (WOŹNICA 2008a), w związku z czym powszechnie stosuje się je w gospodarstwach domowych. Wykorzystywane są również w farmacji czy medycynie (BEEN I ZIMMERMANN 2007, XIA I ONYUKSEL 2000). Głównym

zadaniem „rolniczych” surfaktantów jest zmniejszenie napięcia powierzchniowego kropeł cieczy opryskowej (HESS I FOY 2000, LIU 2004, MILLER I WESTRA 1996, MILLER I WESTRA 1998, STEVENS I IN. 1993, TU I IN. 2001). Dzięki temu następuje spadek ich elastyczności, co skutkuje pokryciem przez nie większej hydrofobowej powierzchni roślin niż krople kuliste, bardziej równomiernym ich rozłożeniem oraz lepszym ich przyleganiem (adhezją). Zmniejszenie kąta przylegania kropeł opryskowych oddziałuje dodatkowo na stopień zwilżenia powierzchni roślin, powodując jego wzrost. Ma to ogromne znaczenie dla herbicydów stosowanych powszechnie. SANYAL I IN. (2008) zmierzili kąt przylegania kropeł opryskowych na powierzchni liści chwastnicy jednostronnej (*Echinochloa crus-galli*) i włośnicy zielonej (*Setaria viridis*), które zawierały primisulfuron aplikowany samodzielnie i w mieszaninie z surfaktantami: niejonowym oraz z grupy organosilikonowych (Silwet L-77). Kąt przylegania kropeł zawierających sam primisulfuron wynosił 152° i 127°, odpowiednio dla chwastnicy jednostronnej i włośnicy zielonej. Dodatek obu surfaktantów znacznie zmniejszył kąt przylegania kropeł do powierzchni badanych roślin. W przypadku użycia surfaktanta niejonowego był on mniejszy niż 40°, natomiast surfaktant organosilikonowy najsilniej obniżył kąt przylegania kropeł i był on mniejszy niż 5°, zarówno dla chwastnicy jednostronnej, jak i włośnicy zielonej. Badania te potwierdziły również, iż dodatek surfaktanta niejonowego wpłynął na zmniejszenie wielkości depozytów na powierzchni roślin, w porównaniu z masywnymi i kruchymi osadami, jakie powstały w wyniku zastosowania primisulfuronu samodzielnie. Mniejsze depozyty umożliwiły lepsze ich przyleganie do powierzchni chwastów. Po dodaniu surfaktanta z grupy organosilikonowych zaobserwowano jednolite i drobne pokrycie blaszek liściowych przez powstałe osady. Wydaje się, iż dzięki pozytywnemu oddziaływaniu badanych surfaktantów na formowanie się depozytów, nastąpiło łatwiejsze wchłanianie primisulfuronu do wnętrza komórek roślinnych, co skutkowało zwiększoną biologiczną aktywnością badanej substancji. Potwierdzają to otrzymane dane, które wykazały, iż primisulfuron stosowany samodzielnie zwalczył włośnicę zieloną w 43%, natomiast znacznie lepszy efekt, bo 65% uzyskano w kombinacji z dodatkiem surfaktanta niejonowego, a najlepszy 83% w kombinacji z dodatkiem surfaktanta organosilikonowego. Innym przejawem pozytywnego oddziaływania substancji powierzchniowo czynnych na działanie środków ochrony roślin może być ich zdolność do ułatwiania penetracji rozpuszczonej w wodzie substancji aktywnej herbicydu przez przestrzenie międzywoskowe kutikuli (TU I IN. 2001). Obecnie

surfaktanty dodawane są również do formulacji adiuwantów olejowych, pełniąc w nich funkcję emulgatora.

Wśród substancji powierzchniowo czynnych wyróżniamy surfaktanty: niejonowe, anionowe, kationowe oraz amfoteryczne. Jako środki ochrony roślin największe zastosowanie znalazły surfaktanty niejonowe (GREEN I BEESTMAN 2007, PRINGNITZ 1998, WANG I LIU 2007), gdyż nie wchodzą w reakcje chemiczne z substancjami aktywnymi herbicydów bądź innymi substancjami często występującymi w cieczach użytkowych, jak sole wapnia, magnezu, sodu i żelaza. Dzięki temu zminimalizowane jest ryzyko związane z wytworzeniem się na powierzchni roślin lub w zbiorniku opryskiwacza substancji o mniejszej aktywności biologicznej bądź całkowicie jej pozbawionej.

B. Podział i funkcje adiuwantów olejowych

W 1974 roku zarejestrowano na polskim rynku pierwszy adiuwant olejowy – Nopon 11 E, który wykorzystywano jako dodatek do herbicydów (PRACZYK 2001). Obecnie oleje reprezentują najliczniejszą grupę substancji wspomagających działanie środków ochrony roślin i zarazem najchętniej dodawaną przez użytkownika w trakcie przygotowywania cieczy użytkowej (PRACZYK 2001, WOŹNICA 2008a). Wśród stosowanych substancji można wyróżnić:

- oleje pochodzenia mineralnego – uzyskiwane w procesie rafinacji ropy naftowej;
- oleje pochodzenia roślinnego – np. rzepakowy, sojowy;
- pochodne olejów roślinnych – np. wolne kwasy tłuszczowe różnych olejów oraz estry metylowe lub etylowe wolnych kwasów tłuszczowych uzyskiwanych z różnych olejów roślinnych;

Jako pierwsze, wśród adiuwantów olejowych zastosowanie znalazły oleje mineralne. Postęp w zakresie technologii, prowadzący do powstania nowych związków chemicznych, w całości ulegających biodegradacji, a zatem przyjaznych i bezpiecznych dla środowiska oraz możliwość wykorzystania taniego surowca z produkcji krajowej spowodowały, iż coraz większą uwagę zaczęto zwracać na oleje roślinne. W sprzedaży ukazały się wówczas nowe adiuwanty jak: Olejan 85 EC czy Dedal 90 EC. Dalsze badania zaowocowały pojawieniem się na rynku pochodnych olei roślinnych,

wyróżniających się większą skutecznością działania, które w swym składzie posiadały metylowane lub etylowane estry wolnych kwasów tłuszczowych (PRACZYK 1998, PRACZYK 2001).

Różnice w budowie chemicznej adiuwantów olejowych, a co za tym idzie odmienne właściwościami fizyko–chemiczne sprawiają, że charakteryzują się one zróżnicowanym oddziaływaniem na substancje aktywne herbicydów. Wielu autorów badało to zagadnienie. Stwierdzono, iż dichlofop metylowy, fluazyfop–P butylowy, czy setoksydim były absorbowane przez chwasty w większej ilości w wyniku dodania do nich oleju pochodzenia mineralnego, w porównaniu z olejem roślinnym (NALEWAJA I SKRZYPCZAK 1986, SKRZYPCZAK I NALEWAJA 1985, SCHOTT I IN. 1991). Zupełnie odmienne wyniki otrzymano w przypadku substancji aktywnych, takich jak: atrazyna, bentazon, fenmedifam, nikosulfuron oraz rimsulfuron. Ich skuteczniejsze działanie zaobserwowano po dodaniu olei roślinnych (cytowane za: PRACZYK 1998). Badania wykonane z użyciem izotopów wykazały, że najczęściej ^{14}C –nikosulfuronu zaabsorbowały rośliny palusznika krwawego, kiedy aplikowano go łącznie z pochodną oleju rzepakowego (PRACZYK 1998). Jeszcze innych danych dostarczyły doświadczenia prowadzone przez STAGNARI I IN. (2006). Odnotowali oni, iż zarówno olej pochodzenia roślinnego, jak i mineralnego w tym samym stopniu poprawiał efektywność działania substancji czynnej: kłodinafopu propargilowego. Nieco korzystniejszy wpływ oleju roślinnego na skuteczność chwastobójczą wobec życicy wielokwiatowej (*Lolium multiflorum*) zaobserwowali po dodaniu do mieszaniny dwóch substancji aktywnych: dichlofop metylowy + fenoksaprop–P etylu.

Obecnie do formulacji adiuwantów olejowych dodaje się 10–20% surfaktantu o niskiej liczbie HLB (*hydrophilic–lipophilic balance*), który umożliwia wytworzenie emulsji wodnej w zbiorniku opryskiwacza (TU I IN. 2001, WOŹNICA 2008a). Taka mieszanina dodatkowo obniża napięcie powierzchniowe kropeł cieczy użytkowej. Mieszaniny te noszą nazwę koncentratów olejowych (NALEWAJA I IN. 1995, PRACZYK 2001, TU I IN. 2001, WOŹNICA 2008a).

Podstawową funkcją adiuwantów olejowych jest poprawa penetracji herbicydów do wnętrza komórek roślinnych (MCCALL 1988, MERCIER I IN. 1997). Ponadto stymulująco wpływają one na retencję cieczy opryskowej na powierzchni nadziemnych części roślin oraz absorpcję substancji aktywnych herbicydów do tkanek roślinnych (MILLER I WESTRA 1998, PRINGNITZ 1998). Związane jest to przede wszystkim z poprawą rozpuszczalności substancji biologicznie czynnych herbicydów

oraz zdolnością tej grupy wspomagaczy do wydłużania czasu wysychania kropeł opryskowych zanim dotrą do celu i zaczną oddziaływać na rośliny (MILLER I WESTRA 1998, PRINGNITZ 1998).

C. Właściwości i funkcje adiuwantów mineralnych

Do tej niewielkiej grupy adiuwantów zaliczamy głównie związki, które w swej budowie zawierają kation amonowy NH_4^+ w postaci siarczanu czy azotanu amonowego. Nie wykazują one wpływu na obniżenie napięcia powierzchniowego kropeł cieczy opryskowej, w związku z czym należy je traktować jako uzupełnienie innych wspomagaczy. Siarczan amonowy dodawany jest do zbiornika opryskiwacza na etapie przygotowywania cieczy użytkowej jako substancja dodatkowo wspomagająca aktywność herbicydów o charakterze słabych kwasów (NALEWAJA I IN. 2007) oraz zawierających glifosat (WOŹNICA I IN. 2004, WOŹNICA I WANIOREK 2008). Związane jest to z ograniczeniem antagonistycznego wpływu jonów wapnia, magnezu, sodu zawartych w wodzie stosowanej do sporządzania cieczy opryskowej na chwastobójcze działanie preparatów (KIERZEK I MIKLASZEWSKA 2010, NALEWAJA I MATYSIAK 1992, NALEWAJA I MATYSIAK 1993, O'SULLIVAN I IN. 1981, THELEN I IN. 1995, WOŹNICA 1992, WOŹNICA I IN. 2004, WOŹNICA I WANIOREK 2008).

Pozytywne oddziaływanie siarczanu amonu na biologiczną aktywność herbicydów odnotowano również po jego dodaniu do dichlorpropu, imazametabenzu oraz setoksydimu (HARKER I O'SULLIVAN 1988, HSIAO I IN. 1996, TURNER I LOADER 1984). Badania HARKERA I O'SULLIVANA (1988) wykazały dużą przydatność tego adiuwanta mineralnego do stosowania łącznie z setoksydimem, szczególnie w warunkach niekorzystnych dla wzrostu roślin (wysoka temperatura powietrza, mała ilość opadów atmosferycznych) oraz w momencie, gdy setoksydim aplikowano w najmniejszej dawce, równej $0,15 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. GRONWALD I IN. (1993) zaobserwowali, iż siarczan amonowy działa stymulująco na absorpcję imazetapyru do wnętrza komórek roślinnych. Fakt ten tłumaczą zdolnością jonów amonowych do zwiększania aktywności pompy protonowej, co w konsekwencji skutkuje lepszym przenikaniem analizowanej substancji biologicznie czynnej przez błony komórkowe. Podobne wyniki otrzymali BERNARDS I IN. (2005), którzy przeprowadzili doświadczenie dotyczące wpływu czterech nawozów manganowych na pobieranie i translokację glifosatu przez zaślaz pospolity (*Abutilon theophrasti*). Zaobserwowali m.in., że dodatek siarczanu amonu do

zbiornika opryskiwacza zwiększył absorpcję i przemieszczanie tej substancji aplikowanej łącznie z badanymi nawozami, jednak nie wyeliminował całkowicie antagonistycznego wpływu jonów manganu na działanie glifosatu. Inne badania wskazują, iż ta grupa wspomagaczy odgrywa również istotną rolę w procesie formowania osadów (depozytów), które powstają na powierzchni roślin po wyparowaniu wody z kropel cieczy opryskowej. Wykazano, że przyczyniają się one do pożądanego rozmieszczenia substancji aktywnej w osadzie, co spowalnia jej wytrącanie i krystalizację oraz wydłuża czas wnikania do wnętrza komórek roślinnych (cytowane za: WOŹNICA 2008a).

D. Właściwości i funkcje adiuwantów wieloskładnikowych

Obecność jednoskładnikowego adiuwanta w formulacji herbicydów najczęściej nie spełnia w pełni założeń użytkowników, szczególnie wówczas, gdy występują niesprzyjające warunki siedliskowe i techniczne. Związane jest to głównie z wąskim zakresem działania, jakie posiadają konkretne, pojedyncze substancje wspomagaczy wobec ogromnej liczby czynników, mających wpływ na skuteczność środków ochrony roślin (WOŹNICA I IN. 2004, WOŹNICA I IN. 2005). Liczne doświadczenia, dotyczące mechanizmów działania adiuwantów oraz rozwój w zakresie technologii formulacji zaowocowały wprowadzeniem na rynek adiuwantów wieloskładnikowych. Preparaty tego typu najczęściej zawierają dwa lub więcej składników aktywnych o różnym charakterze chemicznym np. surfaktant z olejem mineralnym, surfaktant z kationem amonowym NH_4^+ . Uzupełniające lub synergistyczne działanie składników tworzących wspomagacze wieloskładnikowe powoduje, iż charakteryzują się one bardziej kompleksowym działaniem niż adiuwanty jednoskładnikowe, dzięki czemu można je używać z szerszą gamą herbicydów, w zróżnicowanych warunkach pogodowych. Dodatkową ich zaletą jest z pewnością łatwość, z jaką użytkownik może je stosować oraz oszczędność czasu w trakcie przygotowywania cieczy opryskowej (WOŹNICA I IN. 2004, WOŹNICA I IN. 2005).

Wzrastające zainteresowanie adiuwantami wieloskładnikowymi skutkowało powstawaniem ich nowych form użytkowych. Dużo uwagi oraz badań poświęcono mieszaninom wielofunkcyjnym dla herbicydów, które w swym składzie posiadają glifosat. Wynikało to głównie z faktu, szeroko udokumentowanego w literaturze, iż znajdujące się w wodzie, wykorzystywanej do sporządzenia cieczy użytkowej, jony

wapnia, magnezu, sodu i żelaza, obniżają skuteczność działania glifosatu (NALEWAJA I MATYSIAK 1991, NALEWAJA I MATYSIAK 1993, THELEN I IN. 1995). Między innymi zaproponowano płynną, homogeniczną mieszaninę siarczanu amonu i surfaktanta niejonowego z grupy alkilopolisacharydów, zalecaną w Stanach Zjednoczonych do łącznego stosowania z herbicydami, które w swym składzie zawierają glifosat (GEDNALSKY I HERZFELD 1994). Ze względu na swoją efektywność adiuwant ten stał się bardzo popularny i chętnie wykorzystywany. W Polsce, w Akademii Rolniczej w Poznaniu również prowadzono badania nad adiuwantem wieloskładnikowym. WOŹNICA I WOŹNICA (2004) opatentowali jednorodną, stabilną, płynną formulację, posiadającą w swoim składzie surfaktant kationowy, siarczan amonowy oraz regulator pH cieczy opryskowej. Wcześniejsze badania dotyczące przydatności tej mieszaniny wykazały, że zwiększa ona aktywność biologiczną herbicydów zawierających: glifosat, dikambę, bentazon i fenoksykwasy. Prowadzone w latach 2002–2003 doświadczenia polowe (WOŹNICA I IN. 2004) potwierdziły, iż mieszanina ta stosowana w dawkach 1–2 l·ha⁻¹ silnie aktywuje różne formy użytkowe glifosatu w odniesieniu do perzu właściwego. Innym walorem okazała się jej płynna forma użytkowa, wpływająca na stabilizację działania preparatów chwastobójczych oraz oszczędność czasu podczas przygotowywania cieczy użytkowej, wynikająca z braku różnorodnych trudności, powstających podczas rozpuszczania stałych form innych agrochemikaliów. Wyniki doświadczeń z lat 2003–2008 (WOŹNICA 2008b) potwierdziły korzystny wpływ tego adiuwanta wieloskładnikowego na efektywność chwastobójczą glifosatu oraz możliwość stosowania go w dawkach mniejszych o 30 % w stosunku do minimalnych rekomendowanych dawek.

2.2. Przemiany herbicydów w środowisku

A. Gleba

Uważa się, że w zabiegach nalistnych mniej niż 0,1% zastosowanej dawki pestycydów dociera do celu (PIMENTEL 1995). Pozostałe 99,9% trafia do gleby, w której pod wpływem różnorodnych procesów o charakterze fizycznym, chemicznym i biologicznym substancja aktywna stopniowo zanika. Najistotniejszą rolę w procesie degradacji, mineralizacji i usuwania ze środowiska środków ochrony roślin odgrywa rozkład tych związków przy udziale bakterii, grzybów glebowych oraz sinic, dla

których substancje aktywne herbicydów stanowią źródło energii (TOPP I IN. 2000). Oprócz rozkładu mikrobiologicznego degradacja herbicydów odbywa się na drodze chemicznej. Może dojść również do ich adsorpcji na powierzchni koloidów glebowych, ulatniania do atmosfery, przemieszczania w głąb profilu glebowego, poza strefę korzeniową lub nawet przenikania do wód gruntowych. Substancje aktywne herbicydów są również pobierane i rozkładane przez rośliny uprawne i chwasty (ARIAS-ESTÉVEZ I IN. 2008). Dynamika tych przemian warunkowana jest wieloma czynnikami, od intensywności których zależy dostępność substancji aktywnych dla chwastów i roślin uprawnych, tempo rozkładu oraz poziom pozostałości w glebie i roślinie, jak też oddziaływanie na środowisko.

Wskaźnikiem mówiącym o czasie zalegania herbicydów w glebie jest okres połowicznego rozkładu (półokres rozpadu) – DT_{50} . Z agronomicznego punktu widzenia to bardzo ważna informacja, ponieważ określa liczbę dni, podczas których połowa substancji aktywnej preparatów chwastobójczych ulega degradacji. Substancje biologicznie czynne różnią się okresem zalegania w glebie, dlatego stosowane w rolnictwie środki ochrony roślin dzieli się na:

1. środki krótko zalegające – $DT_{50} < 30$ dni;
2. środki o średnim okresie zalegania – DT_{50} 30–100 dni;
3. środki o długim okresie zalegania – $DT_{50} > 100$ dni (PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004).

Znaczącą rolę w dekompozycji herbicydów, oprócz właściwości fizykochemicznych preparatów (PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004) odgrywa m.in. termin ich stosowania. Otrzymane dane dowodzą, iż rozkład benazoliny w glebie przebiegał szybciej, kiedy badaną substancję aktywną stosowano wiosną, gdyż poziom jej pozostałości w glebie po 108–168 dniach od aplikacji wynosił od ilości niewykrywalnych do $0,069 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zastosowanie benazoliny jesienią wpłynęło na spowolnienie jej zaniku, co skutkowało wzrostem jej poziomu pozostałości w glebie, który kształtował się w granicach $0,0008\text{--}0,103 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ po 264–289 dniach od aplikacji (KOSTOWSKA I IN. 1982). Badania SADOWSKIEGO (2001) również potwierdzają, iż najszybszy rozkład chlorotoluronu w glebie zaobserwowano, kiedy oprysk został wykonany wiosną. Stężenie pozostałości substancji aktywnej w momencie zbioru pszenicy ozimej był o rząd wielkości mniejszy niż w przypadku

aplikacji analizowanego herbicydu w terminach jesiennych i wynosił $0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Autor tłumaczy to zjawisko obniżeniem temperatury gleby zimą, co mogło przyczynić się do powstawania pozostałości związanych. Inne doświadczenia dotyczące wpływu terminu aplikacji herbicydów na poziom pozostałości ich substancji aktywnych w glebie dostarczają nowych danych. KUCHARSKI I IN. (2006) wykryli wyższe pozostałości substancji aktywnych herbicydów ($0,024\text{--}0,037 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla chlorotoluronu oraz $0,021\text{--}0,040 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla izoproturonu), kiedy preparaty stosowano wiosną. Jesienna aplikacja tych samych herbicydów wpłynęła na obniżenie poziomu pozostałości chlorotoluronu i izoproturonu w glebie, który wynosił odpowiednio $0,016\text{--}0,024 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz $0,014\text{--}0,028 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podobną zależność zaobserwowali BADOWSKI I KUCHARSKI (2010). Otrzymane przez nich dane wykazały, że próbki gleby, pochodzące z obiektów opryskiwanych jesienią charakteryzowały się mniejszymi pozostałościami, mieszczącymi się w granicach $0,0031\text{--}0,0064 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla quizalofopu i $0,0052\text{--}0,0108 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla fluazifopu. Zastosowanie tych gramicydów wiosną spowodowało wzrost poziomu pozostałości substancji w glebie i wynosił odpowiednio $0,0050\text{--}0,0098 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz $0,0096\text{--}0,0194 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Doświadczenia prowadzone przez GUPTA I GAJBHIYE (2002) dowodzą, że szybkość degradacji substancji biologicznie czynnych herbicydów uzależniona jest także od wielkości aplikowanych dawek. Stwierdzili oni, że okres półrozpadu flufenacetu w dwóch glebach, różniących się właściwościami fizykochemicznymi był równy 10,1 i 10,5 dni, kiedy zastosowano badaną substancję w stężeniu $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Zwiększenie dawki do $10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ wpłynęło na wydłużenie okresu połowicznego rozkładu, który wynosił odpowiednio 13 i 21,3 dni, co odpowiada wzrostowi o 22,3% oraz 50,7%. Badania podjęte przez WŁODARCZYK I IN. (2007) potwierdzają tę zależność. Zastosowanie dwukrotnie wyższej dawki preparatu Aspect 500 SC wydłużyło okres połowicznego zaniku flufenacetu, wyliczonego za pomocą modelu nieliniowego Gustafsona i Holdena o 30–47,5% (z 29–35 dni do 45–61 dni).

Najczęściej zachodzącą i najefektywniejszą drogą eliminacji preparatów chwastobójczych z gleby jest ich biologiczna degradacja przy udziale mikroorganizmów. Tempo tego zjawiska uzależnione jest przede wszystkim od występowania w glebie odpowiedniej grupy drobnoustrojów oraz od dostępności dla nich substancji aktywnych. Badania prowadzone przez PRZYBULEWSKĄ I SIENICKĄ (2008) wykazały, że proces zaniku atrazyny przebiegał najszybciej w obecności bakterii, takich jak: *Bacillus cereus*, *Rhodococcus* sp., *Pseudomonas* sp.

oraz *Peanibacillus amylolyticus* i *Streptomyces lavendulae*, które rozkładały 100%, tj. 100 mg substancji aktywnej na 1 kg gleby w czasie 60 dni. Nieco mniejsze możliwości mineralizacji atrazyny zaobserwowano w przypadku grzyba z rodzaju *Trichoderma*, który w ciągu 4 miesięcy trwania doświadczenia rozłożył ok. 70% tej substancji (100 mg·l⁻¹ stężenia początkowego). Szybkość degradacji atrazyny, w obecności różnych wyselekcjonowanych szczepów mikroorganizmów badali także MARECIK I IN. (2008). Odnotowali, iż przy stężeniu atrazyny równemu 5 mg·l⁻¹, bakteria *Stenotrophomonas maltophilia* najszybciej rozłożyła tą substancję (83,5% w 15 dni). Spośród grzybów najbardziej efektywny w procesie zaniku atrazyny okazał się *Botrytis cinerea*, rozkładając 82% substancji w przeciągu 21 dni. Wpływ różnych grup mikroorganizmów na tempo biodegradacji oksyfluorfenu badali MOHAMED I IN. (2011). Otrzymane przez nich dane dowiodły, że zdolność do wykorzystania tej substancji jako źródła węgla i energii wykazały szczepy bakterii jak: *Bacillus* spp., *Pseudomonas* sp., *Arthrobacter* spp., *Aspergillus* sp., *Mycobacterium* sp., *Micrococcus* sp. oraz *Streptomyces* sp., przy czym największą aktywnością charakteryzowały się: *Bacillus* spp., rozkładając w ciągu 21 dni 80–95,6% oksyfluorfenu, *Pseudomonas* sp. (82,2%) oraz *Arthrobacter* spp. (82,2%).

Dekompozycja herbicydów w glebie zależy nie tylko od obecności w niej pożądaných rodzajów drobnoustrojów. Istotne znaczenie przypisuje się aktywności mikroorganizmów, na którą wpływ ma wiele czynników jak: zawartość materii organicznej, składników pokarmowych, pH gleby oraz jej skład mechaniczny (PRZYBULEWSKA I SIENICKA 2008, WOŹNICA 2008a). Jednak kluczową funkcję odgrywają przede wszystkim wilgotność oraz temperatura gleby. Badaniem ich wpływu na szybkość degradacji substancji aktywnych herbicydów zajmowało się wielu autorów. Otrzymane przez nich wyniki wskazują na wyraźne oddziaływanie wyżej wymienionych parametrów. Doświadczenia prowadzone w warunkach laboratoryjnych i polowych (CAPRI I IN. 1995) wykazały, że w temperaturze gleby równej 10°C, okres połowicznego zaniku (DT₅₀) uległ skróceniu ze 134 do 41 dni dla chlorydazonu oraz z 46 do 21 dni dla metamitronu, w wyniku zwiększenia wilgotności gleby z 15% do 29%. VISCHETTI I IN. (1997) odnotowali, że przy wilgotności gleby wynoszącej 75% pojemności polowej i temperaturze 20°C, czas DT₅₀ metamitronu wynosił 18,8 dnia. Obniżenie wilgotności do 33% pojemności polowej wydłużyło okres półrozpadu do 25,8 dnia. Badania, na próbkach gleby pobranej z warstwy do 30 cm głębokości, przeprowadzone przez ALLETTO I IN. (2006) wykazały, że dynamika rozpadu

izoproturonu znakowanego – C^{14} w znacznym stopniu zależała od pojemności wodnej gleby. Wyznaczony na podstawie reakcji kinetyki pierwszego rzędu czas DT_{50} izoproturonu wydłużył się z 10–12 do 157 dni wraz ze spadkiem wilgotności gleby z 90% do 50% jej pojemności wodnej, przy stałej temperaturze gleby równej 22°C. Nie mniej ważnym czynnikiem jest temperatura gleby. Otrzymane dane (CAPRI I IN. 1995) wskazują, że przy wilgotności gleby równej 22%, wzrost jej temperatury z 10°C do 30°C istotnie skrócił półokres rozpadu chlorydazonu z 76 do 14 dni oraz metamitronu z 40 do 7,5 dnia. Czas połowicznego zanikania metamitronu w glebie, przy jej wilgotności odpowiadającej 75% pojemności polowej wynosił 18,8 dnia, w temperaturze gleby równej 20°C i 56,3 dnia w 10°C (VISCHETTI I IN. 1997). Obniżenie temperatury gleby z 22°C do 10°C wydłużyło również okres połowicznego zaniku izoproturonu. Przy wilgotności gleby równej 90% pojemności wodnej czas ten wzrósł z 10–12 do 23 dni oraz przy 50% pojemności wodnej ze 157 do 223 dni (ALLETTO I IN. 2006).

B. Wody powierzchniowe i gruntowe

Zanikanie substancji aktywnych herbicydów związane jest także z ich transportem do głębszych warstw profilu glebowego. Czynniki warunkujące to zjawisko to przede wszystkim zdolność herbicydów do adsorpcji, ich stopień rozpuszczalności w wodzie oraz czas ich zalegania w glebie. Wyniki badań (KOSTOWSKA I IN. 1986) wskazały, iż herbicydy słabo wiązane przez glebę oraz dłużej w niej zalegające, łatwiej przenikały do dolnych partii profilu glebowego. Inne doświadczenia (RITTER I IN. 1996) wykazały, że na proces migracji substancji aktywnych w glebie znacząco oddziałują warunki meteorologiczne. Symulowany opad atmosferyczny odpowiadający 75 mm spowodował, iż po 5 dniach od aplikacji alachloru, atrazyny, symazayny, cyjanazyny oraz metolachloru, przemieściły się one poniżej strefy korzeniowej roślin. Wpływ opadów deszczu na szybkość przenikania chlorosulfuronu w profilu glebowym zaobserwowali również SEKUTOWSKI I IN. (2008). Stwierdzili oni, że intensywne opady wyraźnie zwiększyły i przyspieszyły transport analizowanej substancji w głąb gleby.

Przemieszczanie herbicydów do głębszych warstw profilu glebowego jest szczególnie ważnym problemem ze względu na ryzyko skażenia wód powierzchniowych i gruntowych. AZEVEDO I IN. (2000) uważają, że powodem zanieczyszczeń wód gruntowych, na terenach użytkowanych rolniczo, może być

nadmierne stosowanie nawozów oraz herbicydów. W Stanach Zjednoczonych, w celu zbadania jakości wód, stworzono specjalny program: the National Water-Quality Assessment (NAWQA). W jego pierwszym cyklu, trwającym od 1992 do 1996 roku, pobrano próby wód gruntowych z 2485 miejsc. Otrzymane dane wykazały obecność substancji aktywnych pestycydów, w płytkich wodach gruntowych, w 60,4% prób pobranych z terenów rolniczych oraz w 48,5% prób pobranych z obszarów miejskich. Spośród 90 badanych substancji wykryto 67, głównie były to pozostałości: atrazyny (30%), produktu rozkładu atrazyny – deetyloatrazyny (28,4%), symazyny (14,8%), metolachloru (12%), prometoru (11,6%) oraz alachloru, diuronu i metrybuzyny (po ok. 2%). Maksymalne wykryte stężenia tych substancji wynosiły odpowiednio 4,2; 2,6; 1,3; 5,4; 40; 3,8; 2 oraz 0,3 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (KOLPIN I IN. 2000). Pozostałości atrazyny (91% z 323 próbek), jej dealkilowego metabolitu deetyloatrazyny (91%) oraz symazyny (85,4%) najczęściej znajdowano także w próbkach wód, pochodzących ze studni z okolic Poznania. Najwyższy poziom pozostałości tych związków wynosił odpowiednio 16,87; 7,49 oraz 11,4 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (DROŻDŻYŃSKI 2006). Atrazynę, symazynę, 2,4-D oraz MCPA również wykrywano, w 90% próbek wód, pobranych ze studni zlokalizowanych na Dolnym Śląsku. W 10–12% próbek stwierdzono obecność dikamby, chlorotoluronu i izoproturonu (SADOWSKI I IN. 2009). Monitoring jakości wód gruntowych, w latach 1991–1998, prowadzono także w Portugalii. W próbach wód, pochodzących ze studni znajdujących się na terenach użytkowanych rolniczo wykryto metolachlor, atrazynę, alachlor, metrybuzynę i symazynę, z najwyższym stężeniem pozostałości, wynoszącym odpowiednio 56; 30; 13; 1,4 i 0,4 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (CEREJEIRA I IN. 2003).

Do wód powierzchniowych preparaty chwastobójcze mogą przedostawać się m.in. poprzez systemy melioracyjne, w wyniku spływów powierzchniowych z pól, przechowywania przeterminowanych i nieprzydatnych rolniczo pestycydów w nieszczelnych mogiłnikach, a także błędów popełnionych w trakcie przeprowadzania zabiegów, związanych z myciem aparatury opryskującej i wylewaniem resztek cieczy użytkowej (SIŁOWIECKI I IN. 1998). W wielu krajach prowadzone są badania, mające na celu rutynową kontrolę jakości wód, jak i poznanie mechanizmów, dzięki którym substancje aktywne pestycydów przemieszczają się w glebie. W Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów, obecnie Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego od wielu lat prowadzony jest monitoring czystości wód na terenach rolniczych Dolnego Śląska (SADOWSKI I KOSTOWSKA 1988, SADOWSKI I KUCHARSKI 2006, SADOWSKI I IN. 1994).

Wyniki ostatnich analiz, obejmujących okres 2004–2008 (SADOWSKI I IN. 2009) wykazały, że w wodach powierzchniowych wykryto pozostałości pojedynczych substancji aktywnych, przekraczające najwyższe dopuszczalne stężenie ($0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (ROZPORZĄDZENIE 2007). W 35% prób wody, pobranych wiosną oraz 23% prób pobranych jesienią, stwierdzono pozostałości pojedynczych substancji, przede wszystkim 2,4–D, MCPA, atrazyny i symazyny. Natomiast pozostałości sumaryczne (multipozostałości) wykryto w 30% prób wiosennych i 19% prób jesiennych, z maksymalnym wykrytym stężeniem wynoszącym $44,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. W Portugalii, w latach 1983–1999, analizowano próbki wód z dorzeczy trzech rzek. Najczęściej stwierdzano obecność atrazyny, molinatu oraz symazyny, z maksymalnym wykrytym stężeniem tych substancji równym odpowiednio 0,63; 48 i $0,3 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (CEREJEIRA I IN. 2003).

C. Produkty rolne

Mimo niepodważalnych korzyści, wynikających ze stosowania herbicydów, musimy pamiętać także o negatywnych skutkach, które mogą prowadzić do niekorzystnych zmian w środowisku wodnym i glebowym. Niezbędne jest zatem poznanie mechanizmów zachowywania się preparatów chwastobójczych, po wprowadzeniu ich do gleby oraz kontrola pozostałości ich substancji aktywnych w wodach gruntowych i powierzchniowych oraz w artykułach rolnych. Monitoring pozostałości środków ochrony roślin od wielu lat prowadzony jest przez laboratoria Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego. Badaniom poddawane są próby roślinne z upraw sadowniczych, gruntowych, rolniczych, spod osłon oraz z grupy roślin zielarskich (NOWACKA I IN. 2010, NOWACKA I IN. 2011, SZALA I KUŹMENKO 2011), a także materiał paszowy pochodzenia roślinnego (GNUSOWSKI I IN. 2010, RUPAR I IN. 2011). W analizowanym materiale najczęściej nie stwierdzano pozostałości środków ochrony roślin, których stężenie przekraczałoby dopuszczalne normy (ROZPORZĄDZENIE 2005). Odnotowano jednak przypadki wykrywania w próbkach pozostałości substancji niedozwolonych do stosowania w danej uprawie.

Kontrolę produktów rolnych, na przestrzeni lat 2000–2008 prowadzili także KUCHARSKI I DOMARADZKI (2009). Probki do analiz pobierane były z głównych upraw rolniczych, obejmujących plantacje ziemniaka, kukurydzy, rzepaku ozimego, buraka

cukrowego oraz pszenicy ozimej. W żadnych próbkach roślinnych nie stwierdzono pozostałości herbicydów przekraczające limity najwyższych dopuszczalnych stężeń. W 12% próbek, w których wykryto pozostałości, były one od kilku do 100 razy niższe niż dopuszczalne normy (ROZPORZĄDZENIE 2005). Jak wskazują wyniki wieloletnich badań, prowadzonych w różnych placówkach naukowych, przestrzeganie dawek oraz zaleceń producentów środków ochrony roślin w znacznym stopniu zapobiega akumulacji substancji aktywnych preparatów chwastobójczych w płodach rolnych, a wykrywane przekroczenia norm mają charakter incydentalny.

2.3. Wpływ adiuwantów na zachowanie się herbicydów w glebie

Wiele prac naukowych na temat adiuwantów dotyczy głównie ich wpływu na skuteczność działania herbicydów stosowanych nalistnie (ADAMCZEWSKI I PARADOWSKI 2004, ALIVERDI I IN. 2009, CARINS I IN. 2001, HOLLOWAY I IN. 2000, IDZIAK I WOŹNICA 2009, KIERZEK I ADAMCZEWSKI 2005, MASCHHOFF I IN. 2000, MIKLASZEWSKA I ADAMCZEWSKI 2005). Znacznie mniej doniesień odnosi się ich oddziaływania na przemieszczanie w profilu glebowym i tempo degradacji substancji aktywnych preparatów chwastobójczych, a tym samym na poziom ich pozostałości w glebie.

Niektóre dane literaturowe dowodzą, że adiuwanty ograniczają przemieszczanie herbicydów w profilu glebowym, co może wpłynąć na poprawę skuteczności ich działania, w związku z wydłużonym czasem oraz zwiększonym poziomem substancji aktywnych w warstwie ornej. REDDY I SINGH (1993) zaobserwowali, że adiuwanty ASE-95 i ASE-108 zmniejszyły odległość, jaką pokonał bromacyl w kolumnach usypanych glebą, przy symulowanym opadzie deszczu równym 5 cm, do 90 ze 105 cm, kiedy aplikowany był samodzielnie. W wyniku oddziaływania tych samych wspomagaczy, nastąpiła również redukcja przenikania symazyny oraz norflurazonu, przy opadzie wynoszącym 12,5 cm. Obniżoną mobilność norflurazonu, o ok. 50%, zaobserwowali także CHANDRAN I SINGH (1999), w związku z łącznym stosowaniem tej substancji z adiuwantami: Monazoline-O, Monazoline-T oraz E-17-2. Wpływem dwóch surfaktantów na zachowanie pendimetaliny w glebie zajmowali się SHARMA I SINGH (2007). Badania prowadzone w specjalnych kolumnach wykazały, że dodatek obu adiuwantów istotnie ograniczył migrację tej substancji w profilu glebowym. Podczas gdy pendimetalina, aplikowana samodzielnie, przy symulowanym opadzie

atmosferycznym wynoszącym $6,25 \text{ cm} \cdot \text{ha}^{-1}$, pokonywała dystans w kolumnie równy $4,03 \pm 0,49 \text{ cm}$, odległość ta uległa skróceniu o 24,8% i wynosiła $3,03 \pm 0,14 \text{ cm}$, kiedy stosowano ją łącznie ze wspomagaczem HM9754 oraz o 58,6% ($1,67 \pm 0,6 \text{ cm}$) przy dodatku adiuwanta HM9679. W przypadku dwukrotnie większego symulowanego opadu deszczu, oddziaływanie obu surfaktantów na mobilność pendimetaliny było jeszcze bardziej zauważalne. HM9754 ograniczył przemieszczanie się tej substancji o 48,1%, a HM9679 o 66,5%. Zmniejszoną mobilność bentazonu, w związku z jego łączną aplikacją z substancjami powierzchniowo czynnymi zanotowali również HUA I IN. (2009). Niejonowy surfaktant Triton X-100 najsilniej hamował przemieszczanie się badanej substancji. Dodatek do bentazonu Tritonu X-100 i anionowego adiuwanta SDBS także spowalniał tempo migracji tej substancji. Natomiast zastosowanie bentazonu tylko ze wspomagaczem SDBS zwiększyło mobilność substancji w glebie, co wskazuje, iż wybór adiuwanta istotnie wpływa na dynamikę przemieszczania się herbicydów w glebie.

Wyniki badań polowych SWARCEWICZ I IN. (1998) potwierdzają hipotezę, iż adiuwanty dodane do herbicydów modyfikują ich zachowanie w glebie. Oddziaływanie to przejawia się zmniejszeniem strat trifluraliny w glebie, w momencie aplikacji herbicydu w mieszaninie ze wspomagaczami. Wskazują na to otrzymane dane, ilustrujące poziom pozostałości trifluraliny po 57 dniach od aplikacji herbicydu stosowanego samodzielnie oraz w mieszaninie z pięcioma adiuwantami. Poziom pozostałości trifluraliny wynosił od 16,3 do 29,9% stężenia początkowego, w przypadku stosowania trifluraliny ze wspomagaczami i był wyraźnie wyższy od poziomu pozostałości tej substancji aktywnej (3,9% stężenia początkowego) w momencie, gdy była aplikowana samodzielnie. Wyniki przeprowadzonych badań polowych porównano z danymi, jakie uzyskała SWARCEWICZ (1996) z doświadczeń laboratoryjnych i wazonowych. Wykazały one, iż najmniejszy poziom pozostałości trifluraliny występował w przypadku samodzielnej aplikacji herbicydu. Wynosił on 38,6% stężenia początkowego w warunkach laboratoryjnych oraz 11,7% w doświadczeniach wazonowych. Natomiast, podobnie jak w warunkach polowych, wyższe poziomy pozostałości trifluraliny uzyskano wówczas, kiedy tę substancję aplikowano łącznie z adiuwantami. Ich wartości mieściły się odpowiednio w przedziałach 40–49,1% oraz 24,6–36,6% stężenia początkowego. Wpływem dodatku wspomagaczy do cieczy użytkowej na trwałość flufenacetu w glebie lekkiej, w warunkach polowych zajmowali się WŁODARCZYK I IN. (2008). Uzyskane wyniki

wykazały, iż adiuwanty olejowe znacząco spowalniają tempo degradacji badanej substancji. Wskazywały na to dłuższe czasy połowicznego zaniku (DT_{50}), które wydłużyły się w porównaniu do kombinacji bez adiuwanta o 17–21 dni dla obiektu z dodatkiem wspomagacza Adpros 85 SL oraz o 6–14 dni dla obiektu z dodatkiem Olejanu 85 EC. Najmniejszy wpływ na szybkość rozkładu flufenacetu w glebie odnotowano w przypadku surfaktanta Break-Thru S 240, którego półokres rozpadu DT_{50} nieznacznie różnił się od półokresu rozpadu DT_{50} obiektu bez adiuwanta i uległ wydłużeniu jedynie o 2–8 dni. W przeprowadzanych badaniach stwierdzono, iż największe oddziaływanie adiuwantów na tempo rozkładu flufenacetu w glebie zaobserwowano w roku, w którym odnotowano bardzo małą ilość opadów oraz wysokie temperatury powietrza. Dane te potwierdzają, iż jednym z czynników mających znaczący wpływ na szybkość zanikania substancji biologicznie czynnych w glebie są panujące warunki pogodowe, decydujące o aktywności mikroorganizmów glebowych. Dane otrzymane przez KUCHARSKIEGO I SADOWSKIEGO (2007) potwierdzają, że łączna aplikacja metamitronu z adiuwantami olejowymi: Olbras 88 EC i Atpolan Bio 80 EC wpłynęła istotnie na wzrost stężenia tej substancji w wierzchniej warstwie gleby oraz ograniczała jego mobilność w profilu glebowym. Spadek degradacji metazachloru odnotowano również w przypadku, kiedy stosowano go w mieszaninie z surfaktantem Break-Thru 240 EC oraz adiuwantem olejowym Atpolan Bio 80 EC (KUCHARSKI I SADOWSKI 2011). W czasie zbioru rośliny uprawnej, pozostałości metazachloru w próbkach gleby, pochodzącej z obiektów, gdzie herbicyd aplikowano samodzielnie wynosiły $0,0072 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dodatek adiuwanta olejowego spowodował wzrost stężenia tej substancji do poziomu $0,0108 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a substancji powierzchniowo czynnej do $0,0094 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Wpływ adiuwantów na spowolnienie rozkładu herbicydu w glebie potwierdzają także uzyskane w doświadczeniu czasy połowicznego zaniku. DT_{50} dla metazachloru aplikowanego samodzielnie był równy $26,3 \pm 2,48$ dnia. Dodatek adiuwanta olejowego oraz surfaktanta wydłużył półokres rozpadu tej substancji i wynosił on odpowiednio $42,2 \pm 2,89$ i $33,9 \pm 2,74$ dnia, co odpowiada wzrostowi o 15,9 oraz 7,6 dnia. KUCHARSKI (2007), w warunkach polowych, zajmował się też badaniem wpływu adiuwantów olejowych (Olemix 84 EC i Actiob 842 EC) oraz substancji powierzchniowo czynnej (Break-Thru S 240) na poziom pozostałości w glebie etofumesatu, desmedifamu i fenmedifamu. W doświadczeniach tych stosowano preparaty w pełnej, rekomendowanej dawce bez dodatku adiuwanta oraz w dawce zredukowanej o 33%, bez i z adiuwantem. Najwyższe stężenie analizowanych

substancji, w momencie zbioru buraka cukrowego, wykryto w próbkach pochodzących z poletek, na których herbicyd aplikowano w pełnej dawce. Obniżenie dawki preparatu skutkowało również spadkiem poziomu pozostałości badanych substancji. Łączne zastosowanie zredukowanej dawki herbicydu ze wspomagaczami wpłynęło na wzrost stężenia tych substancji w glebie. Jednak ich poziom pozostałości był niższy niż ten wykryty w próbkach, pochodzących z obiektów, gdzie aplikowano pełną dawkę preparatu chwastobójczego.

Przedstawione powyżej dane wskazują, iż aplikacja herbicydów z adiuwantami może hamować rozkład ich substancji aktywnych w glebie. W konsekwencji zwiększa się poziom pozostałości herbicydów w warstwie ornej, co pozwoli obniżyć zalecaną dawkę preparatów, bez straty ich chwastobójczej skuteczności.

2.4. Regulacje prawne

Szybki postęp w dziedzinie chemicznej ochrony roślin, który obserwujemy od połowy XX w. to między innymi efekt intensywnego rozwoju nauk przyrodniczych, przypadający na ten okres. Produkcja herbicydów organicznych z grupy dinitro-orezoli (1932 r.), związków z grupy fenoksykwasów (2,4-D oraz MCPA) w latach czterdziestych, odkrycie przez szwajcarską firmę Ciba-Geigy atrazyny w 1957 r., synteza w latach sześćdziesiątych pochodnych fenyłomocznika i preparatów amidowych, czy wprowadzenie na rynek, dekadę później herbicydów zawierających: glifosat, metamitron czy pendimetalinę, to najlepszy dowód ilustrujący dynamiczny rozwój preparatów chwastobójczych (DOMARADZKI 2009, PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004). Postęp w dziedzinie przemysłu chemicznego miał pomóc zaspokoić światowe potrzeby żywnościowe ludzi. Niestety, powodował również negatywne skutki dla środowiska, objawiające się zanieczyszczeniem wód, gleb i powietrza. Kolejne niepokojące doniesienia zostały opisane w książce Rachel Carson „Silent Spring” („Milcząca Wiosna”). Autorka przedstawiła w niej dane naukowe, mówiące o wzrastającej liczbie uodporniających się agrofagów, niszczeniu organizmów pożytecznych, co zaburza równowagę ekosystemów oraz o rosnącym zanieczyszczeniu środowiska, w związku z nagromadzeniem się różnych substancji chemicznych (cytowane za: JAWORSKA 2005). Zaprezentowane fakty okazały się na tyle zaskakujące, w negatywnym znaczeniu tego słowa, że w efekcie, w chemicznej ochronie upraw rolniczych istotnym punktem stała się troska o środowisko naturalne oraz jakość

produktów rolnych, przeznaczonych do konsumpcji. Lata osiemdziesiąte XX. w. to okres, w którym kraje Wspólnoty Europejskiej oraz Stany Zjednoczone zaczęły realizować nowy kierunek w ochronie roślin, skoncentrowany na obniżaniu dawek pestycydów i ograniczaniu liczby wykonywanych zabiegów do niezbędnego minimum. W jednostkach naukowych opracowywano metody, które pomagałyby skutecznie zredukować ilość stosowanych środków ochrony roślin. Duże zaangażowanie na tym polu wykazali badacze z krajów skandynawskich, Wielkiej Brytanii, Francji, Niemiec oraz Stanów Zjednoczonych (cytowane za: DOMARADZKI 2006). Istotnym uzupełnieniem przedsięwzięć naukowych było podjęcie działań w kierunku regulacji prawnych dotyczących ochrony roślin. Ważnym krokiem było przyjęcie przez Komisję Wspólnot Europejskich Dyrektywy 91/414/EWG z dnia 15 lipca 1991 r. dotyczącej wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin. Podstawowe założenie tego aktu prawnego UE brzmiało: „ochrona ludzi i zwierząt oraz środowiska ma pierwszeństwo przed poprawą poziomu produkcji roślinnej” (CZAPLICKI I PODGÓRSKA 1998, DYREKTYWA 1991, MATYJASZCZYK 2007). W celu zrealizowania postanowień, w Państwach Członkowskich, uregulowano przepisy dotyczące procedur związanych z dopuszczeniem środków ochrony roślin do obrotu. Sporządzono wykaz substancji biologicznie czynnych (Załącznik I), które można było stosować w ochronie roślin. Określono warunki, jakie musiały spełniać substancje aktywne, aby zostały włączone do Załącznika I (Załącznik II). Scharakteryzowano wymagania wobec preparatów handlowych, w celu uzyskania przez nie zezwolenia do wprowadzenia do obrotu (Załącznik III) oraz przedstawiono jednolite zasady oceny środków ochrony roślin (Załącznik VI). Zgodnie z zaleceniami nie można było wprowadzać na rynek preparatów, które przy prawidłowym użytkowaniu wykazywałyby niekorzystne efekty dla roślin i produktów roślinnych. Nie mogły również stanowić zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt, wód gruntowych oraz środowiska naturalnego (DYREKTYWA 1991). Rezultatem przeprowadzonego przeglądu substancji biologicznie czynnych stosowanych w ochronie roślin było wycofanie przez Ministerstwo Rolnictwa 217 środków, w tym 94 preparatów chwastobójczych, w okresie od 1 maja 2004 r. do 31 grudnia 2007 r. (MATYJASZCZYK 2008). Jednak warto podkreślić, iż wiele z tych środków zostało wyeliminowanych nie z powodu posiadania w swym składzie substancji aktywnej stwarzającej zagrożenie dla zdrowia ludzi i środowiska przyrodniczego, lecz w związku z nie dostarczeniem odpowiedniej dokumentacji, potwierdzającej, iż dana substancja, stosowana w sposób właściwy, jest całkowicie

bezpieczna. Miało to związek z wysokimi kosztami przeglądu, jakie musiał ponieść producent (MATYJASZCZYK 2007, MATYJASZCZYK 2008).

Bazując na doświadczeniach nabytych w trakcie obowiązywania Dyrektywy 91/414/EWG oraz podążając za najnowszymi osiągnięciami naukowymi i technicznymi Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej przyjęły w 2009 r. regulacje tzw. „pakietu pestycydowego”, w skład którego wchodzi 4 akty prawne, m.in.: Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów oraz Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1107/2009 w sprawie wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin uchylające dyrektywy Rady 79/117/WE i 91/414/EWG. Myślą przewodnią Rozporządzenia 1107/2009, podobnie jak w uprzednio obowiązującej Dyrektywie 91/414/EWG, jest „... zapewnienie wysokiego poziomu ochrony zdrowia ludzi i zwierząt oraz środowiska, a także poprawa funkcjonowania rynku wewnętrznego poprzez zharmonizowanie zasad dotyczących wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin, przy równoczesnej poprawie produkcji rolnej”, co z pewnością zwiększy zarówno swobodny przepływ, jak i dostępność tych preparatów w państwach członkowskich (ROZPORZĄDZENIE 2009). Akt ten zawiera nowe postanowienia i konkretne działania dotyczące udzielania zezwoleń na dopuszczenie do obrotu środków ochrony roślin, wprowadzania tych substancji do obrotu, ich stosowania i kontrolowania we Wspólnocie. Określa procedury dopuszczania substancji biologicznie czynnych, sejfnerów i synergetyków, wchodzących w skład pestycydów. Ustanawia także wymagania dotyczące rejestracji adiuwantów oraz przedstawia wykaz składników obojętnych, które nie mogą być włączone w skład środków ochrony roślin (Załącznik III). Mając na uwadze zasadę wzajemnego uznawania, niewątpliwie istotną zmianą w procedurze wprowadzania do obrotu pestycydów jest wyznaczenie stref (Załącznik I), które ma za zadanie zapewnić w Wspólnocie swobodny przepływ produktów. Innymi słowy, jeśli jedno państwo członkowskie udzieli zezwolenia na wprowadzenie do obrotu konkretnego środka ochrony roślin, to pozostałe państwa członkowskie powinny go zaakceptować, jeśli znajdują się w tej samej strefie, wyznaczonej przez Wspólnotę. Jednak, jeśli państwo członkowskie rozpatrujące wniosek poprosi pozostałe państwa, należące do tej samej strefy o pomoc, te w ramach sprawiedliwego podziału pracy mają obowiązek podjąć współpracę. Ma to m.in. wpływ na skrócenie terminów rozpatrywania niektórych spraw i problemów (ROZPORZĄDZENIE 2009). Polska wraz z Belgią, Republiką Czeską,

Niemcami, Irlandią, Luksemburgiem, Węgrami, Niderlandami, Austrią, Rumunią, Słowenią, Słowacją oraz Zjednoczonym Królestwem należy do strefy B – Centralnej.

W przepisach Rozporządzenia 1107/2009 znajduje się również zapis, odnoszący się do właściwego stosowania środków ochrony roślin. Zakłada się, iż właściwe użytkowanie pestycydów powinno odbywać się zgodnie z zasadami integrowanej ochrony roślin, w tym z uwzględnieniem dobrej praktyki ochrony roślin. Normy te są również obowiązkowym wymogiem Dyrektywy 2009/128/WE i muszą być wdrożone przez państwa członkowskie do 1 stycznia 2014 r. Istotą integrowanej ochrony roślin jest zapobieganie lub ograniczanie występowania organizmów szkodliwych poprzez łączne wykorzystanie dostępnych metod agrotechnicznych, biologicznych, hodowlanych i chemicznych (KUŚ I JOŃCZYK 2005). Przestrzeganie tych zasad i wytycznych z pewnością przyczyni się do zmniejszenia ilości stosowanych pestycydów oraz ograniczy zagrożenia dla zdrowia ludzi, zwierząt i środowiska naturalnego, wynikające z użytkowania środków ochrony roślin, zachowując jednocześnie osiągnięcie celu na oczekiwanym poziomie (DYREKTYWA 2009). Cele Dyrektywy 2009/128/WE prowadzące do ograniczania zagrożeń płynących ze stosowania środków ochrony roślin dodatkowo powinny być realizowane poprzez:

- utworzenie systemu szkoleń dla wszystkich użytkowników profesjonalnych, dystrybutorów i doradców, w celu zdobywania i poszerzania wiedzy na temat środków ochrony roślin i ich stosowania;
- ograniczanie sprzedaży pestycydów do użytkowania profesjonalnego tylko osobom, które posiadają odpowiednie przeszkolenie i certyfikat;
- stałe poszerzanie wiedzy ogółu społeczeństwa na temat pestycydów, zagrożeń płynących z ich użytkowania oraz dostarczanie informacji o wykorzystywaniu innych, alternatywnych rozwiązań;
- zapewnienie regularnej kontroli sprzętu wykorzystywanego do aplikacji środków ochrony roślin;
- ustalenie szczegółowych wymogów, jakie należy spełnić podczas wykonywania oprysku z powietrza;
- przyjęcie odpowiednich mechanizmów, które sprzyjają ochronie środowiska wodnego i wody pitnej;

- zredukowanie lub całkowite zakazanie stosowania pestycydów na określonych obszarach, użytkowanych przez społeczeństwo jak: parki, ogrody, tereny sportowe, place zabaw, szkoły, szpitale itd.;
- określenia szczegółowych zasad dotyczących przechowywania i postępowania z pestycydami oraz przetwarzania ich opakowań i pozostałości.

Metody, które pozwolą osiągnąć powyższe założenia muszą zostać opisane przez państwa członkowskie w ich krajowych planach działania, a następnie przekazane Komisji i innym państwom członkowskim do 14 grudnia 2012 r. Dlatego też w wielu krajach podjęto wzmożone badania, dzięki którym możliwe jest utrzymanie pożądanej skuteczności działania pestycydów, w związku ze stosowaniem ich w mniejszych dawkach. Z pewnością takimi praktycznymi sposobami i rozwiązaniami są (KUCHARSKI 2008, KUCHARSKI 2010):

- wprowadzenie preparatów zawierających substancje aktywne nowej generacji (np. z grupy pochodnych sulfonilomocznika), których cechą charakterystyczną jest aplikacja bardzo małych dawek, w porównaniu ze środkami tradycyjnymi, wynosząca 20–100 g·ha⁻¹;
- opracowanie nowych, płynnych i homogenicznych form użytkowych środków ochrony roślin;
- podjęcie działań, mających na celu ograniczenie znoszenia cieczy opryskowej m.in. poprzez wprowadzanie nowych rozwiązań technicznych oraz stosowanie sprzętu posiadającego atest;
- stosowanie systemu dawek dzielonych i mikrodawek;
- obniżenie dawek pestycydów wprowadzanych do środowiska poprzez ich łączne stosowanie z adiuwantami;
- aplikację środków ochrony roślin w sposób punktowy – dzięki wykorzystaniu techniki skanowania i systemu GPS.

Intensywny rozwój chemizacji rolnictwa, a zwłaszcza nieracjonalne stosowanie środków ochrony roślin są istotnym zagrożeniem dla zdrowia ludzi i zwierząt oraz naturalnego środowiska. Sytuacja ta zmusza nas do poszukiwania nowych rozwiązań w zakresie ochrony roślin. Dlatego tak bardzo pożądana jest współpraca organów decyzyjnych, zajmujących się rolnictwem, placówek naukowych, firm fitofarmaceutycznych oraz producentów rolnych, aby w przyszłości skutecznie

zwalczać organizmy szkodliwe, ograniczając jednocześnie negatywne skutki, jakie niosą ze sobą chemiczne metody ochrony upraw rolniczych (KUCHARSKI 2008).

3. MATERIAŁY I METODYKA

W doświadczeniach polowych i laboratoryjnych użyto herbicydy powszechnie zalecane w uprawie buraka cukrowego i ziemniaka: Goltix 70 WG, Pyramin 65 WG oraz Sencor 70 WG i Proponit 720 EC (tab. 1 i 2), a także stosowane z nimi adiuwanty: Actirob 842 EC, Atpolan 80 EC, Atpolan Bio 80 EC, Backrow, Bas 160 00 S, Break-Thru S 240, Olbras 88 EC, Olejan 85 EC, Trend 90 EC (tab. 3).

Tabela 1. Wykaz herbicydów stosowanych w badaniach

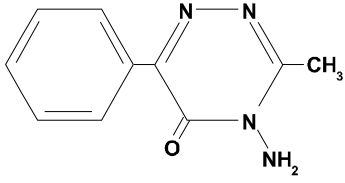
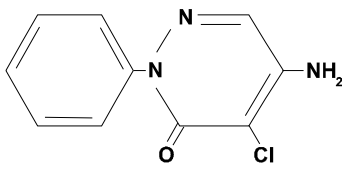
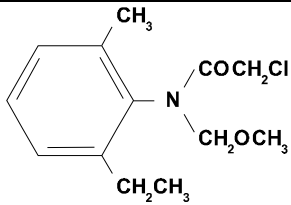
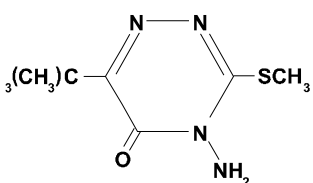
Preparat	Substancja aktywna s.a.	Zawartość s.a.
GOLTIX 70 WG	metamitron	70%
PYRAMIN 65 WG	chlorydazon	65%
PROPONIT 720 EC	propizochlor	720 g·l ⁻¹
SENCOR 70 WG	metrybuzyna	70%

Tabela 3. Wykaz adiuwantów stosowanych w badaniach

Preparat	Substancje aktywne s.a.	Zawartość s.a.
ACTIROB 842 EC	estry metylowe z oleju rzepakowego	733 g·l ⁻¹
ATPOLAN 80 EC	olej parafinowy	76%
ATPOLAN BIO 80 EC	ester metylowy kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego	80%
BACKROW	wieloskładnikowy *	brak danych
BAS 160 00 S	oleinian metylu	345 g·l ⁻¹
BREAK-THRU S 240	polimetylosiloksan	240 g·l ⁻¹
OLBRAS 88 EC	kwasy tłuszczowe porafinacyjne	88%
OLEJAN 85 EC	olej rzepakowy	85%
TREND 90 EC	etoksyłowany alkohol izodecyłowy	90%

*) – mieszanina zawierająca niejonowy surfaktant, środki zwiększające przylepność i wyselekcjonowane oleje (informacja producenta)

Tabela 2. Nazwy i wzory strukturalne s.a. herbicydów stosowanych w badaniach

Nazwa zwyczajowa	Wzór strukturalny	Nazwa wg IUPAC
metamitron		4-amino-4,5-dihydro-3-methyl-6-phenyl-1,2,4-triazin-5-one
chlorydazon		5-amino-4-chloro-2-phenylpyridazin-3(2H)-one
propizochlor		2-chloro-6'-ethyl-N-isopropoxymethylacet-ortho-toluidide
metrybuzyna		4-amino-6-tert-butyl-4,5-dihydro-3-methylthio-1,2,4-triazin-5-one

Doświadczenia polowe zostały założone w celu określenia: fitotoksyczności stosowanych herbicydów i ich mieszanin z adiuwantami, skuteczności zwalczania chwastów oraz określenia wpływu na plonowanie. Obiekty doświadczalne stanowiły również źródło próbek do badania pozostałości substancji aktywnych herbicydów w materiale roślinnym i glebie.

Doświadczenia polowe wsparto doświadczeniami modelowymi, prowadzonymi w komorze klimatycznej, które miały na celu zbadanie wpływu dodatku adiuwantów na szybkość rozkładu herbicydów oraz ich przemieszczanie w glebie.

3.1. Doświadczenia polowe

Badania prowadzono w trzech sezonach wegetacyjnych, w latach 2008–2010, na plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego oraz ziemniaka, zlokalizowanych w okolicach Wrocławia. Doświadczenia polowe założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 20 m². Herbicydy stosowano

samodzielnie w dawce zalecanej i zredukowanej oraz w mieszaninie z adiuwantami. Ciecz roboczą przygotowano bezpośrednio przed zabiegiem i aplikowano stosując opryskiwacz plecakowy „Gloria”, ze stałym ciśnieniem 0,25 MPa, wyposażony w osadzone na belce rozpylacze płaskostrumieniowe typu TeeJet 11003 VS. Wydatek cieczy roboczej wynosił 200 l·ha⁻¹. Herbicydy oraz ich mieszaniny zbiornikowe z adiuwantami stosowano przedwschodowo.

Po wykonaniu planowanych analiz fitotoksyczności i skuteczności całe doświadczenie opryskano dodatkowo innymi herbicydami, tj. burak cukrowy – Betanal Elite 274 EC w dawce 2 x 1,0 l·ha⁻¹ i ziemniak – Titus 25 WG + Trend 90 EC w dawce 60 g + 0,2 l l·ha⁻¹ w celu ograniczenia zachwaszczenia wtórnego na plantacjach.

Doświadczenia polowe oparte zostały o następujący schemat aplikacji środków ochrony roślin (tab. 4):

Tabela 4. Ogólny schemat doświadczeń polowych

KONTROLA
HERBICYD (dawka pełna)
HERBICYD (dawka zredukowana)
HERBICYD (dawka zredukowana) + adiuwant olejowy
HERBICYD (dawka zredukowana) + surfaktant

3.1.1. Doświadczenia polowe w uprawie buraka cukrowego

Doświadczenia polowe założono na czarnych ziemiach wrocławskich klasy II i IIIa, w każdym roku na innym polu, po zbiorze pszenicy ozimej i kukurydzy, które stanowiły przedplon dla buraka cukrowego. Na polach wykonano niezbędne zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne, zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi dla tej rośliny uprawnej. W zależności od zasobności gleby w składniki pokarmowe stosowano różne dawki nawozów mineralnych. Charakterystykę gleb w poszczególnych miejscowościach opisano w tabelach 5, 6 i 7.

Tabela 5. Charakterystyka doświadczenia – burak cukrowy 2008

Miejscowość	Turów	Strzelin
Przedplon	pszenica ozima	pszenica ozima
Odmiana buraka cukrowego	Jarysa	Leopard
Gleba: - typ - klasa - pH - zawartość próchnicy	czarna ziemia IIIa 6,1 2,4 %	czarna ziemia II 6,5 3,0 %
Data siewu	03 – 04 – 2008	10 – 04 – 2008
Nawożenie: - N - P - K	161 kg·ha ⁻¹ 64 kg·ha ⁻¹ 152 kg·ha ⁻¹	156 kg·ha ⁻¹ 52 kg·ha ⁻¹ 112 kg·ha ⁻¹
Data oprysku	15 – 04 – 2008	23 – 04 – 2008
Analiza fitotoksyczności	05 – 05 – 2008	10 – 05 – 2008
Analiza skuteczności	05 – 05 – 2008	13 – 05 – 2008
Data zbioru	16 – 09 – 2008	14 – 10 – 2008

Tabela 6. Charakterystyka doświadczenia – burak cukrowy 2009

Miejscowość	Turów	Iwiny
Przedplon	pszenica ozima	pszenica ozima
Odmiana buraka cukrowego	Jarysa	Lucata
Gleba: - typ - klasa - pH - zawartość próchnicy	czarna ziemia IIIa 6,1 2,4 %	czarna ziemia II 6,3 4,1 %
Data siewu	08 – 04 – 2009	07 – 04 – 2009
Nawożenie: - N - P - K	161 kg·ha ⁻¹ 64 kg·ha ⁻¹ 152 kg·ha ⁻¹	175 kg·ha ⁻¹ 40 kg·ha ⁻¹ 95 kg·ha ⁻¹
Data oprysku	10 – 04 – 2009	10 – 04 – 2009
Analiza fitotoksyczności	24 – 04 – 2009	22 – 04 – 2009
Analiza skuteczności	24 – 04 – 2009	22 – 04 – 2009
Data zbioru	14 – 10 – 2009	30 – 09 – 2009

Tabela 7. Charakterystyka doświadczenia – burak cukrowy 2010

Miejscowość	Turów
Przedplon	kukurydza
Odmiana buraka cukrowego	Jagoda
Gleba: - typ - klasa - pH - zawartość próchnicy	czarna ziemia IIIa 6,3 2,4 %
Data siewu	09 – 04 – 2010
Nawożenie: - N - P - K	104 kg·ha ⁻¹ 20 kg·ha ⁻¹ 37 kg·ha ⁻¹
Data oprysku	04 – 05 – 2010
Analiza fitotoksyczności	15 – 05 – 2010
Analiza skuteczności	22 – 05 – 2010
Data zbioru	14 – 10 – 2010

Po siewie buraka cukrowego, przed wschodami chwastów wykonano zabiegi herbicydowe zgodnie ze schematem przedstawionym w tabeli 8.

**Tabela 8. Schemat aplikacji preparatów stosowanych w doświadczeniach
polowych na plantacjach buraka cukrowego**

Lp	Obiekt	Dawka [kg·ha ⁻¹ , l·ha ⁻¹]
-1-	-2-	-3-
1	Kontrola	–
2	Goltix 70 WG	6 kg
3	Goltix 70 WG	4 kg
4	Goltix 70 WG + Atpolan 80 EC	4 kg 1,5 l
5	Goltix 70 WG + Trend 90 EC	4 kg 0,3 l
6	Goltix 70 WG + Olejan 85 EC	4 kg 1,5 l
7	Goltix 70 WG + Actirob 842 EC	4 kg 1,5 l
8	Goltix 70 WG + Olbras 88 EC	4 kg 1,5 l
9	Goltix 70 WG + Break-Thru S 240	4 kg 0,3 l
10	Goltix 70 WG + Atpolan Bio 80 EC	4 kg 1,5 l
11	Pyramin 65 WG	6 kg
12	Pyramin 65 WG	4 kg
13	Pyramin 65 WG + Atpolan 80 EC	4 kg 1,5 l
14	Pyramin 65 WG + Trend 90 EC	4 kg 0,3 l
15	Pyramin 65 WG + Olejan 85 EC	4 kg 1,5 l
16	Pyramin 65 WG + Actirob 842 EC	4 kg 1,5 l
17	Pyramin 65 WG + Olbras 88 EC	4 kg 1,5 l
18	Pyramin 65 WG + Break-Thru S 240	4 kg 0,3 l
19	Pyramin 65 WG + Atpolan Bio 80 EC	4 kg 1,5 l

3.1.2. Doświadczenia polowe w uprawie ziemniaka

Badania polowe prowadzono na czarnych ziemiach wrocławskich klasy II oraz na glebie brunatnej klasy IIIB. Przedplon stanowiły kukurydza i pszenica ozima. Na polach zostały przeprowadzone odpowiednie zabiegi uprawowe, zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi dla ziemniaka. Zróżnicowane dawki nawozów

mineralnych wynikały z różnej zasobności gleby w składniki pokarmowe. Charakterystykę siedliska w poszczególnych miejscowościach opisano w tabeli 9.

Tabela 9. Charakterystyka doświadczenia – ziemniak 2008 – 2010

Rok	2008	2009	2010
Miejscowość	Kościerzycze	Turów	Turów
Przedplon	kukurydza	kukurydza	pszenica ozima
Odmiana ziemniaka	Fribona	Vineta	Nora
Gleba: - typ - klasa - PH - zawartość próchnicy	brunatna IIIb 6,4 2,1 %	czarna ziemia II 6,7 2,1 %	czarna ziemia II 6,5 2,4 %
Data sadzenia	22 – 04 – 2008	20 – 04 – 2009	21 – 04 – 2010
Nawożenie: - N - P - K - obornik	180 kg·ha ⁻¹ 110 kg·ha ⁻¹ 140 kg·ha ⁻¹ –	160 kg·ha ⁻¹ 80 kg·ha ⁻¹ 140 kg·ha ⁻¹ –	60 kg·ha ⁻¹ 30 kg·ha ⁻¹ 80 kg·ha ⁻¹ 30 t·ha ⁻¹
Data oprysku	26 – 05 – 2008	05 – 05 – 2009	24 – 05 – 2010
Analiza fitotoksyczności	08 – 06 – 2008	15 – 05 – 2009	07 – 06 – 2010
Analiza skuteczności	11 – 06 – 2008	02 – 06 – 2009	21 – 06 – 2010
Data zbioru	30 – 09 – 2008	09 – 09 – 2009	15 – 09 – 2010

Zabiegi herbicydowe, zgodnie ze schematem przedstawionym w tabeli 10, wykonano po obredzeniu ziemniaków (przed wschodem chwastów).

Tabela 10. Schemat aplikacji preparatów stosowanych w doświadczeniach polowych na plantacjach ziemniaka.

Lp	Obiekt	Dawka [kg·ha ⁻¹ , l·ha ⁻¹]
-1-	-2-	-3-
1	Kontrola	–
2	Proponit 720 EC	2,5 l
3	Proponit 720 EC	2 l
4	Proponit 720 EC + Olbras 88 EC	2 l 1,5 l
5	Proponit 720 EC + Break-Thru S 240	2 l 0,3 l
6	Proponit 720 EC + Atpolan Bio 80 EC	2 l 1,5 l
7	Proponit 720 EC + Bas 160 00 S	2 l 1 l
8	Proponit 720 EC + Backrow	2 l 0,3 l
9	Proponit 720 EC + Actirob 842 EC	2 l 1 l
10	Proponit 720 EC + Trend 90 EC	2 l 0,3 l
11	Sencor 70 WG	1 kg
12	Sencor 70 WG	0,75 kg
13	Sencor 70 WG + Actirob 842 EC	0,75 kg 1,5 l
14	Sencor 70 WG + Trend 90 EC	0,75 kg 0,3 l
15	Sencor 70 WG + Olejan 85 EC	0,75 kg 1,5 l
16	Sencor 70 WG + Break-Thru S 240	0,75 kg 0,3 l
17	Sencor 70 WG + Backrow	0,75 kg 0,3 l
18	Sencor 70 WG + Actirob 842 EC	0,75 kg 1 l

3.1.3. Metody oceny skuteczności i fitotoksyczności herbicydów

Ocenę skuteczności i fitotoksyczności badanych herbicydów i ich mieszanin z adiuwantami prowadzono zgodnie z wytycznymi zawartymi w „Metodyce doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów” (DOMARADZKI I IN. 2001).

3.1.3.1. Ocena skuteczności herbicydów

Ocenę efektywności działania herbicydów przeprowadzono metodą szacunkową, w okresie 2–4 tygodni po ich zastosowaniu. Zniszczenie występujących gatunków chwastów oszacowano porównując ich liczbę na obiektach herbicydowych i na nie opryskiwanych obiektach kontrolnych, gdzie liczbę chwastów określono metodą szacunkową. Wyniki analizy wyrażono w procentach, gdzie 100% – oznacza całkowite zniszczenie chwastów, a 0% – brak działania herbicydów.

3.1.3.2. Ocena fitotoksyczności herbicydów

Ocenę fitotoksycznego działania herbicydów na rośliny uprawne przeprowadzono metodą bonitacyjną. Wykonano ją ok. 2 tygodnie po zastosowaniu preparatów. Kondycję roślin oceniano posługując się 9–cio stopniową skalą bonitacyjną, w której wartość 1 oznacza brak fitotoksycznego działania preparatu na roślinę uprawną, a wartość 9 – całkowite zniszczenie rośliny. W trakcie oceny zwracano uwagę na ewentualne uszkodzenia roślin uprawnych w postaci: zahamowania wzrostu, nekrozy, chlorozy, deformacji i zniekształceń organów zewnętrznych oraz więdnienia roślin.

3.2. Doświadczenia modelowe (laboratoryjne)

Doświadczenia modelowe prowadzono w warunkach kontrolowanych, w komorze klimatycznej, w celu określenia wpływu dodatku adiuwantów na szybkość rozkładu herbicydów oraz jego przemieszczanie w glebie. W doświadczeniach użyto dwa herbicydy: Goltix 70 WG i Sencor 70 WG (tab. 1 i 2) oraz stosowane z nimi adiuwanty: Atpolan Bio 80 EC, Backrow, Bas 160 00 S i Trend 90 EC (tab. 3).

3.2.1. Przygotowanie podłoża

W badaniach wykorzystano dwa rodzaje gleb: czarną ziemię i glebę płową, pochodzące z produkcyjnych pól uprawnych, zlokalizowanych w okolicach Wrocławia. Charakterystykę gleb przedstawia tabela 11. Glebę pobrano z warstwy 0–15 cm, zgodnie z zaleceniami Polskiej Normy – PN-78/R-04011. Oczyszczono ją z kamieni i resztek roślinnych oraz przesiano przez sito o średnicy oczek 2 mm. Następnie wysuszono do stanu powietrznie suchej w temperaturze pokojowej. Maksymalna

pojemność wodną (mpw) oznaczono metodą wagową w laboratorium. Wilgotność gleby do testów ustalono na poziomie 60% mpw, stosując metodę wagową. Próbę dokładnie wymieszano.

Tabela 11. Ogólna charakterystyka gleb użytych w doświadczeniach modelowych

Parametry	Typ gleby	
	gleba płowa	czarna ziemia
pH	5,8	6,3
zawartość próchnicy	2,2 %	2,4 %

3.2.2. Aplikacja herbicydów i adiuwantów

Herbicydy i adiuwanty aplikowano w stacjonarnej komorze opryskowej „Aporo”, wyposażonej w ruchomą dyszę typu TeeJet XR 11003–VS, zapewniającą wydatek cieczy ok. 250 l·ha⁻¹ przy ciśnieniu roboczym 200 kPa.

Badane preparaty aplikowano zgodnie z następującym schematem (tab. 12):

Tabela 12. Ogólny schemat doświadczeń modelowych

KONTROLA
HERBICYD
HERBICYD + adiuwant olejowy
HERBICYD + surfaktant
HERBICYD + adiuwant wieloskładnikowy (doglebowy)

3.2.3. Wpływ dodatku adiuwanta na dynamikę rozkładu herbicydu w glebie

Celem badań było określenie wpływu dodatku adiuwantów na dynamikę rozkładu oraz poziom pozostałości substancji biologicznie czynnych herbicydów w glebie.

Doświadczenia prowadzono w trzech powtórzeniach, na dwóch rodzajach gleb (tab. 11). Glebą przygotowaną wg 3.2.1. napełniono plastikowe doniczki o pojemności 320 ml. Następnie w komorze opryskowej zaaplikowano herbicydy samodzielnie

oraz w mieszaniu z adiuwantami wg schematu doświadczeń modelowych (tab. 12). Po wykonanym zabiegu doniczki z glebą umieszczono w komorze klimatycznej MLR-350 HT firmy SANYO. Doświadczenia prowadzono w kontrolowanych warunkach temperatury, wilgotności powietrza i natężenia oświetlenia w ustalonym cyklu dobowym (tab. 13).

Tabela 13. Opis parametrów komory klimatycznej

Pora dnia	Temperatura [°C]	Czas trwania [h]	Natężenie światła [lux]	Wilgotność gleby [%]
świt	14	1	3 000	60
dzień	19	14	14 000	60
zmierzch	14	1	3 000	60
noc	10	8	0	60

Stała wilgotność gleby utrzymywana była poprzez codziennie podlewanie doniczek. Umieszczano je na wadze i dozowano wodę w ilości, która zapewniała utrzymanie masy ustalonej w momencie założenia doświadczenia. Próbkę gleb (jedna doniczka stanowiła jedną próbkę) pobierano w określonych odstępach czasu i oznaczano zawartość substancji aktywnej badanego herbicydu. Pierwszą próbkę pobrano 2 godziny od aplikacji herbicydów (stężenie początkowe), kolejne po 2, 4, 8, 16, 32 i 66 dniach od aplikacji. Metody analityczne oznaczania pozostałości poszczególnych substancji aktywnych herbicydów omówiono w rozdziale 3.3.

3.2.4. Wpływ dodatku adiuwanta na przenikanie i rozmieszczenie herbicydu w profilu glebowym

Celem badań była ocena przemieszczania i rozmieszczenia substancji aktywnej herbicydu w glebie.

Doświadczenia prowadzono w trzech powtórzeniach, na glebie płowej (tab. 11), w warunkach laboratoryjnych, z wykorzystaniem testów biologiczno-chemicznych. Do kolumn (długości 15 cm i średnicy 26 mm) ustawionych pionowo, niewielkimi porcjami wsypywano przygotowaną wg 3.2.1. glebę. Aby gleba była równomiernie ubita, podczas usypywania uderzano kolumnę szklanym pręcikiem, wprawiając ją w lekkie drgania. Po uzyskaniu pożądanej wysokości profilu, glebę przykryto zwitkiem

waty szklanej, umożliwiającym równomierne rozprowadzenie cieczy. Na kolumnę nanoszono herbicyd w ilości odpowiadającej maksymalnej, stosowanej w praktyce dawce: Goltix 70 WG [$6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$] lub Sencor 70 WG [$1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$] i odpowiedni adiuwant (Actiob 842 EC, Atpolan 80 EC, Backrow, Bas 160 00 S, Olbras 88 EC i Trend 90 EC), również w zalecanej w praktyce dawce. Następnie przepuszczano przez nią 35 ml wody (co odpowiada opadowi 66 mm), utrzymując stały przepływ (ok. $0,2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$). Przesiąk zbierano do cylindra pomiarowego, a po zebraniu jego całkowitej objętości oznaczono w nim ilość wymytej substancji aktywnej herbicydu (rozdz. 3.3).

Glebę wyjmowano z kolumny, nie naruszając struktury profilu i rozcinano wzdłuż na dwie części. Części umieszczono w przygotowanych korytkach, zaznaczając górę i dół profilu glebowego. Następnie na glebę wysiewano nasiona rośliny testowej (gorczyca), umieszczając je równomiernie na całej powierzchni gleby. Tak przygotowane korytka z glebą wkładano do zamykanych pudełek z przezroczystego tworzywa i umieszczano w komorze klimatycznej, gdzie utrzymywano stałą wilgotność gleb.

Herbicyd, który nie został wymyty z gleby, powodował wystąpienie objawów fitotoksycznych na roślinach testowych. Pozwoliło to na określenie rozmieszczenia herbicydu w profilu glebowym. Biotest prowadzono do momentu wystąpienia objawów fitotoksycznych, lecz nie dłużej niż do wytworzenia pierwszej pary liści przez gorczycę. Rozmieszczenie herbicydu w profilu glebowym określano wizualnie na podstawie obserwowanych objawów fitotoksycznego działania herbicydu na rośliny testowe.

3.3. Procedury analityczne oznaczania pozostałości herbicydów

3.3.1. Pobieranie, przygotowanie i przechowywanie prób do ilościowego oznaczania pozostałości herbicydów

Materiał do analiz pozostałości substancji aktywnych herbicydów stanowiły próby gleby, korzenia buraka cukrowego i bulw ziemniaka, pobrane z doświadczeń polowych, szczegółowo opisanych w podrozdziałach 3.1.1. i 3.1.2. Próby pobrano zgodnie z zaleceniami Polskiej Normy – PN-78/R-04011. Dodatkowo analizowano próby wody, opisane w podrozdziale 3.2.4. oraz próby gleby, opisane w podrozdziale 3.2.3. Po oczyszczeniu próbek z kamieni oraz resztek roślinnych rozdrobiono je i dokładnie wymieszano. Aby zminimalizować rozkład substancji biologicznie

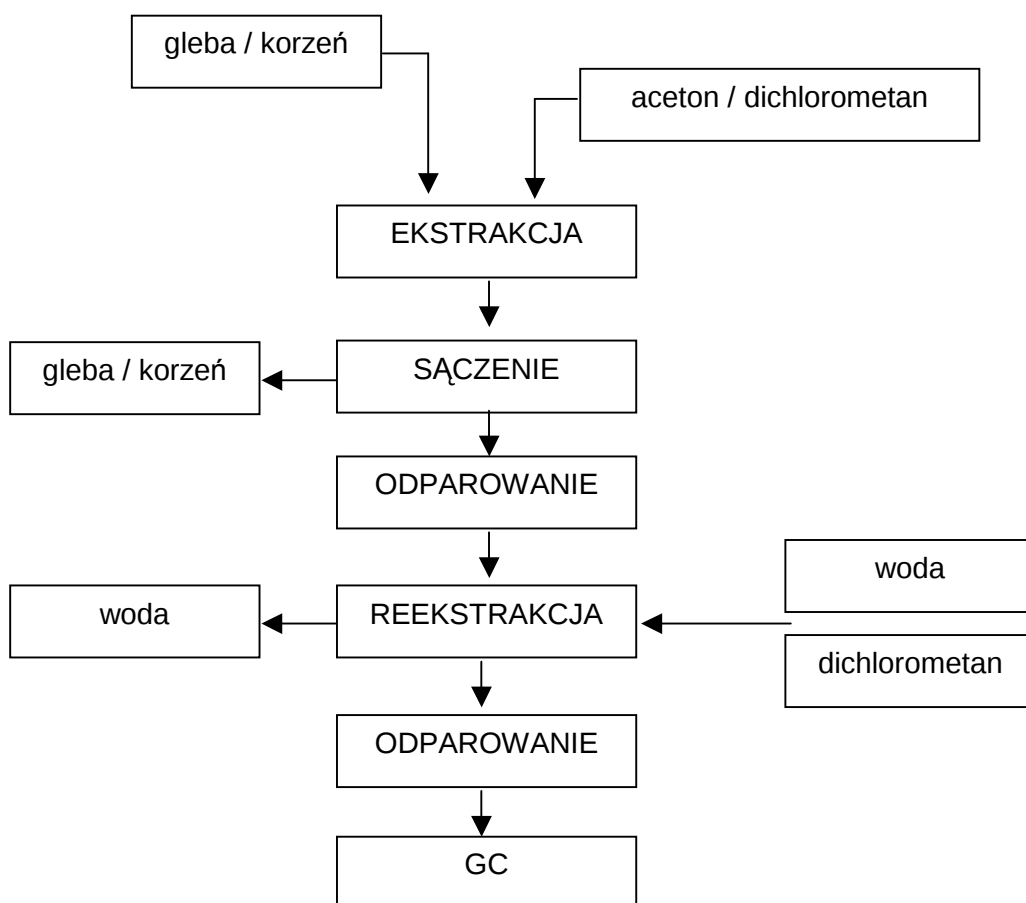
czynnych, próbki przechowywano w temperaturze -20°C w woreczkach foliowych. Przed wykonaniem analiz chemicznych próby rozmrażano.

3.3.2. Oznaczanie pozostałości metamitronu

Pozostałości metamitronu wydzielano z materiału próbki (gleba, korzeń) poprzez ekstrakcję mieszaniną acetonu i chlorku metylenu. Ekstrakt oczyszczano stosując trzykrotną reekstarkcję chlorkiem metylenu.

Zebraną frakcję chlorku odparowywano do sucha na wyparce. Suchą pozostałość rozpuszczano w metanolu i analizowano metodą chromatografii gazowej z detektorem EC.

Charakterystykę metody oznaczania metamitronu przedstawia rysunek 1, natomiast przykładowe chromatogramy oraz warunki chromatografii – rysunek 2.



Rys. 1. Schemat procedury analitycznej oznaczania metamitronu w glebie, korzeniu buraka cukrowego i w wodzie

Warunki chromatografii:

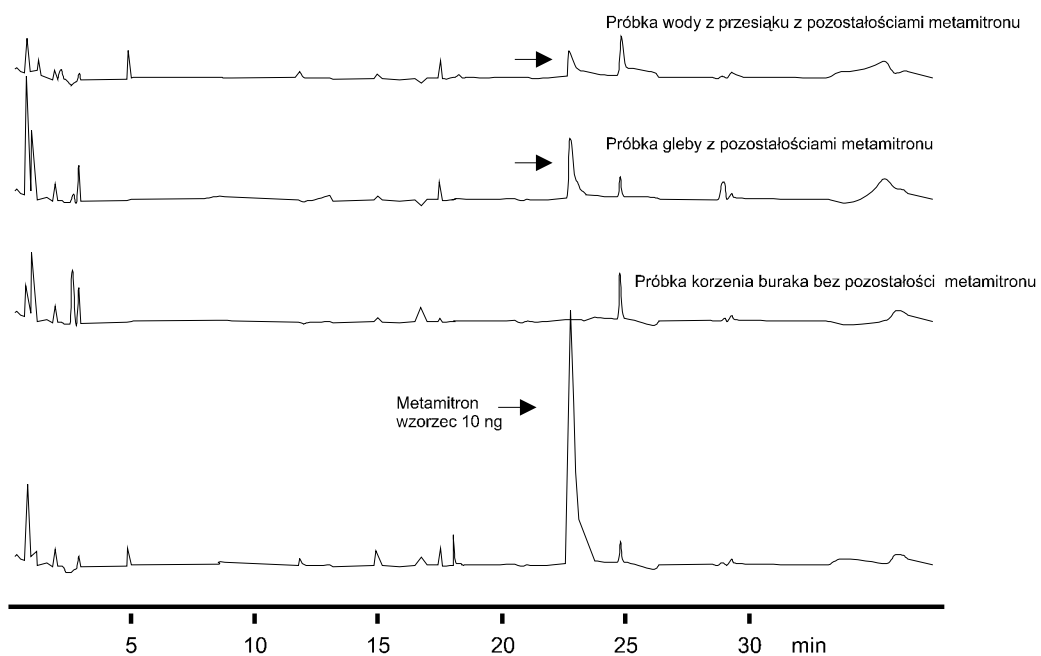
Chromatograf: Varian CP 3800

kolumna: VF-5MS długość: 30 m, $\phi=0,25$ mm

program temp: 120°C do 200°C 10°C/min 200°C do 230°C 5°C/min

detektor: EC 250°C

gaz nośny: azot 1ml/min



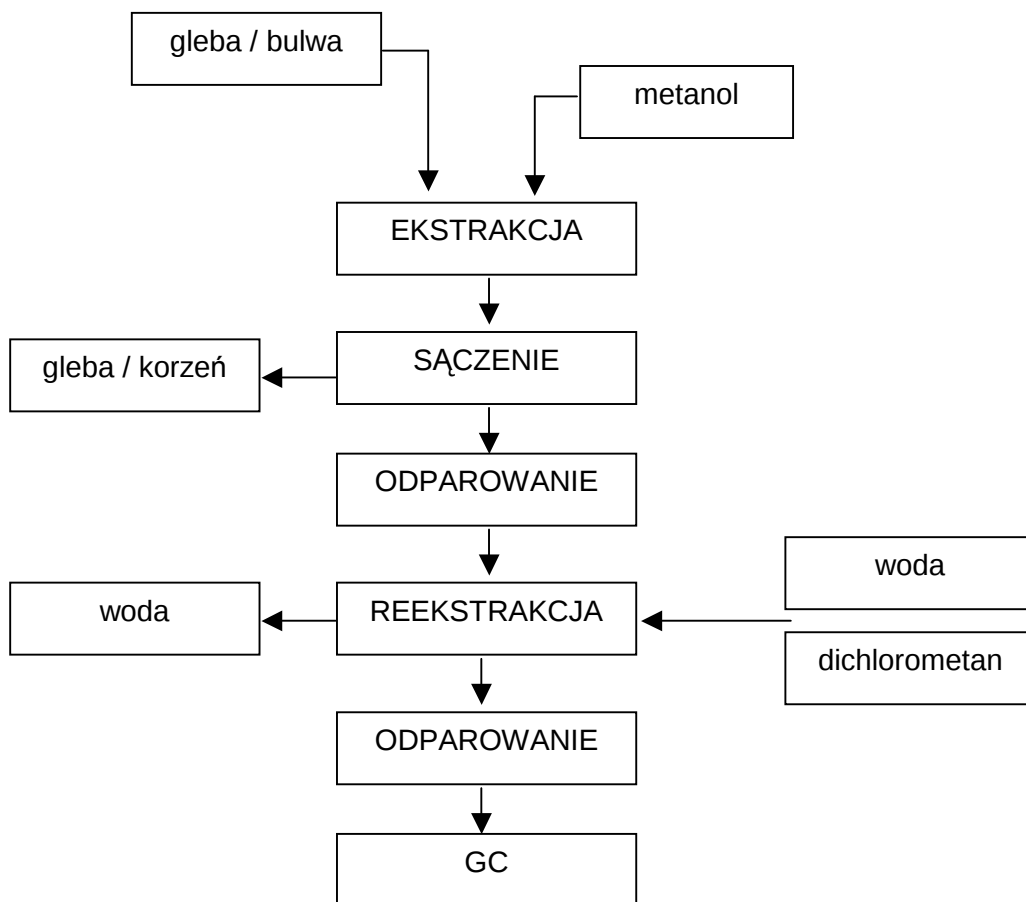
Rys. 2. Oznaczanie metamitronu – przykładowe chromatogramy

3.3.3. Oznaczanie pozostałości chlorydazonu

Metoda polega na wydzieleniu substancji biologicznie czynnej z próbki (gleba, korzeń) poprzez ekstrakcję metanolem. Po odsączeniu i odparowaniu suchą pozostałość rozpuszczono w wodzie, a następnie przeprowadzono dwukrotną reekstrakcję chlorkiem metylenu.

Zebraną frakcję chlorku metylenu odparowywano do sucha i rozpuszczano w metanolu. Pozostałości chlorydazonu oznaczano metodą chromatografii gazowej z detektorem EC.

Charakterystykę metody oznaczania chlorydazonu zamieszczono na rysunku 3, natomiast przykładowe chromatogramy i warunki chromatografii na rysunku 4.



Rys. 3. Schemat procedury analitycznej oznaczania chlorydazonu w glebie i korzeniu buraka cukrowego

Warunki chromatografii:

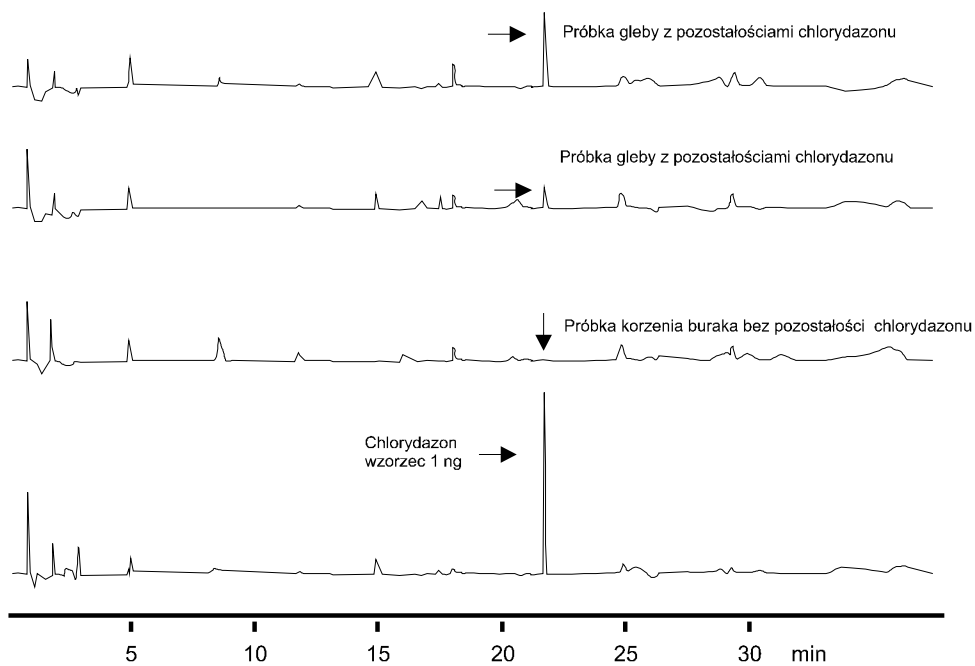
Chromatograf: Varian CP 3800

kolumna: VF-5MS długość: 30 m, $\phi=0,25$ mm

program temp: 120°C do 200°C 10°C/min 200°C do 230°C 5°C/min

detektor: EC 250°C

gaz nośny: azot 1ml/min



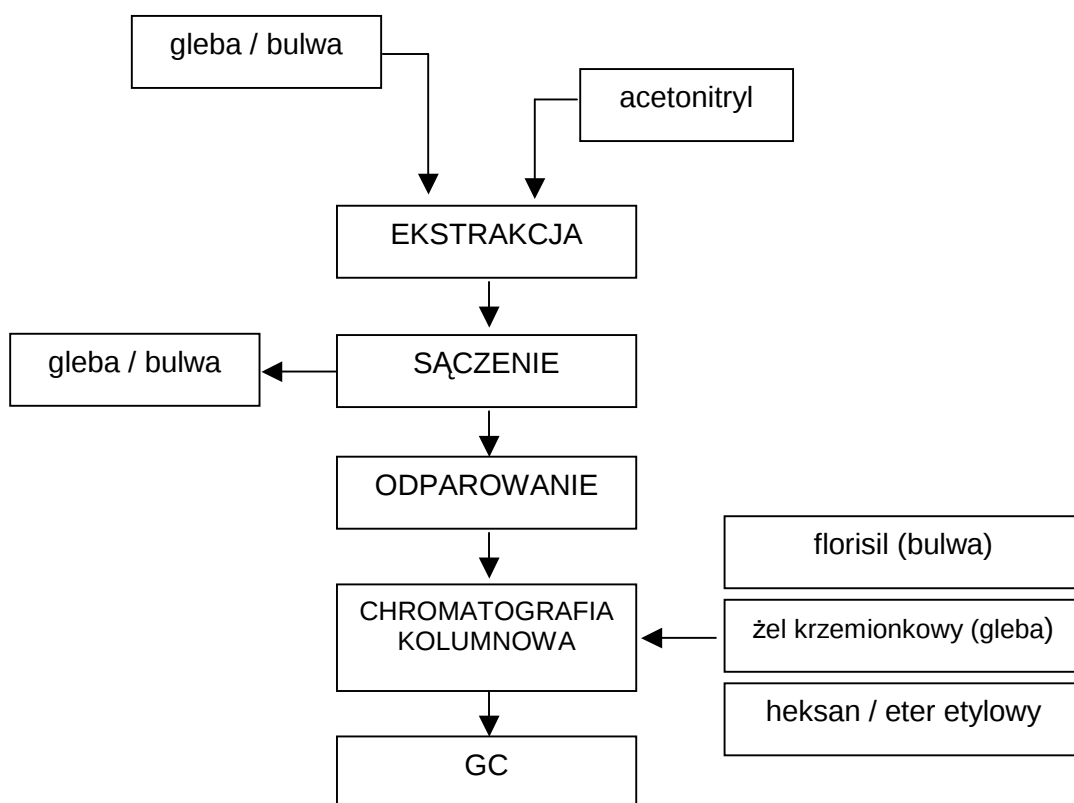
Rys. 4. Oznaczanie chlorydazonu – przykładowe chromatogramy

3.3.4. Oznaczanie pozostałości metrybuzyny

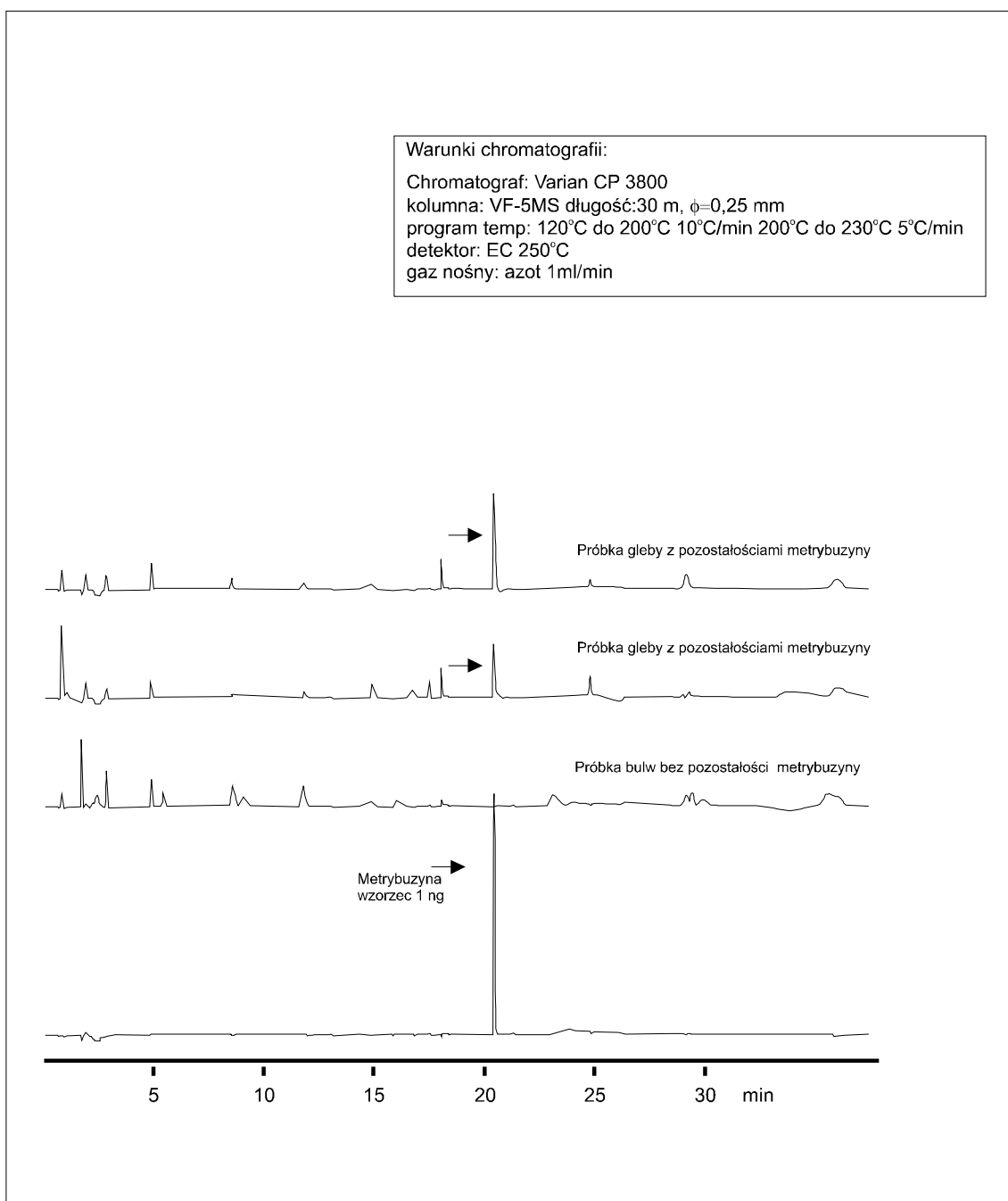
Metoda polega na wydzieleniu substancji aktywnej z próbki (gleba, bulwy) poprzez ekstrakcję acetonitrylem. Po odsączeniu i odparowaniu suchą pozostałość rozpuszczono w mieszaninie acetonu i heksanu. Oczyszczanie ekstraktu przeprowadzano techniką SPE na złożu Florisilu (bulwy ziemniaków) oraz na złożu żelu krzemionkowego (gleba). Frakcję zawierającą oznaczany związek wymywno mieszaniną heksanu i eteru etylowego.

Zebraną frakcję heksanu i eteru etylowego, po zagęszczeniu, poddano analizie metodą chromatografii gazowej z detektorem EC.

Charakterystykę metody oznaczania metrybuzyny przedstawia rysunek 5, natomiast przykładowe chromatogramy oraz warunki chromatografii – rysunek 6.



Rys. 5. Schemat procedury analitycznej oznaczania metrybuzyny w glebie i bulwie ziemniaka.



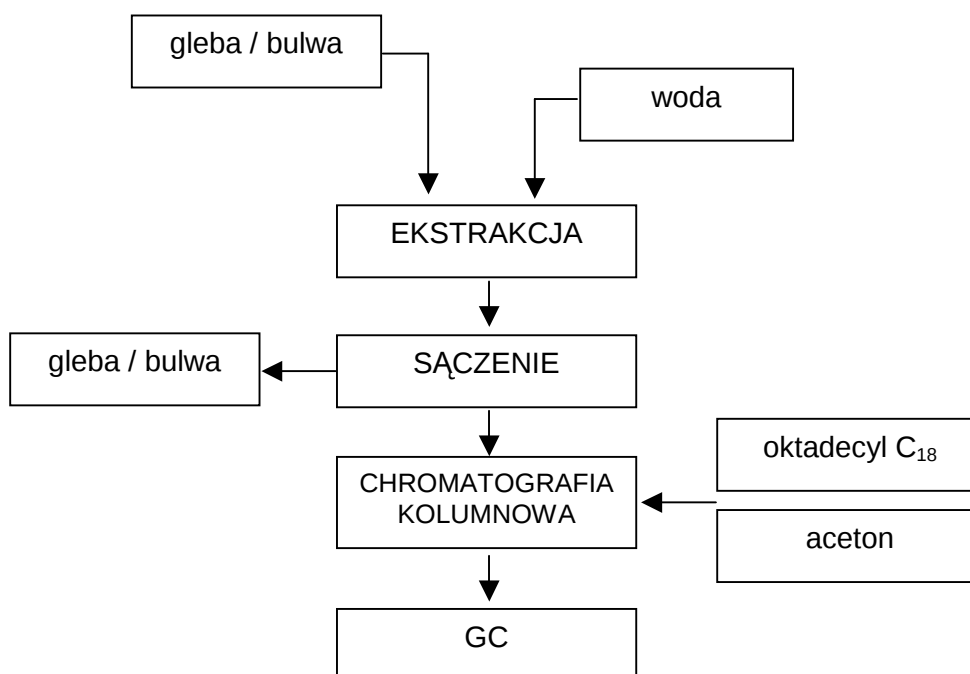
Rys. 6. Oznaczanie metribuzyny – przykładowe chromatogramy

3.3.5. Oznaczanie pozostałości propizochloru

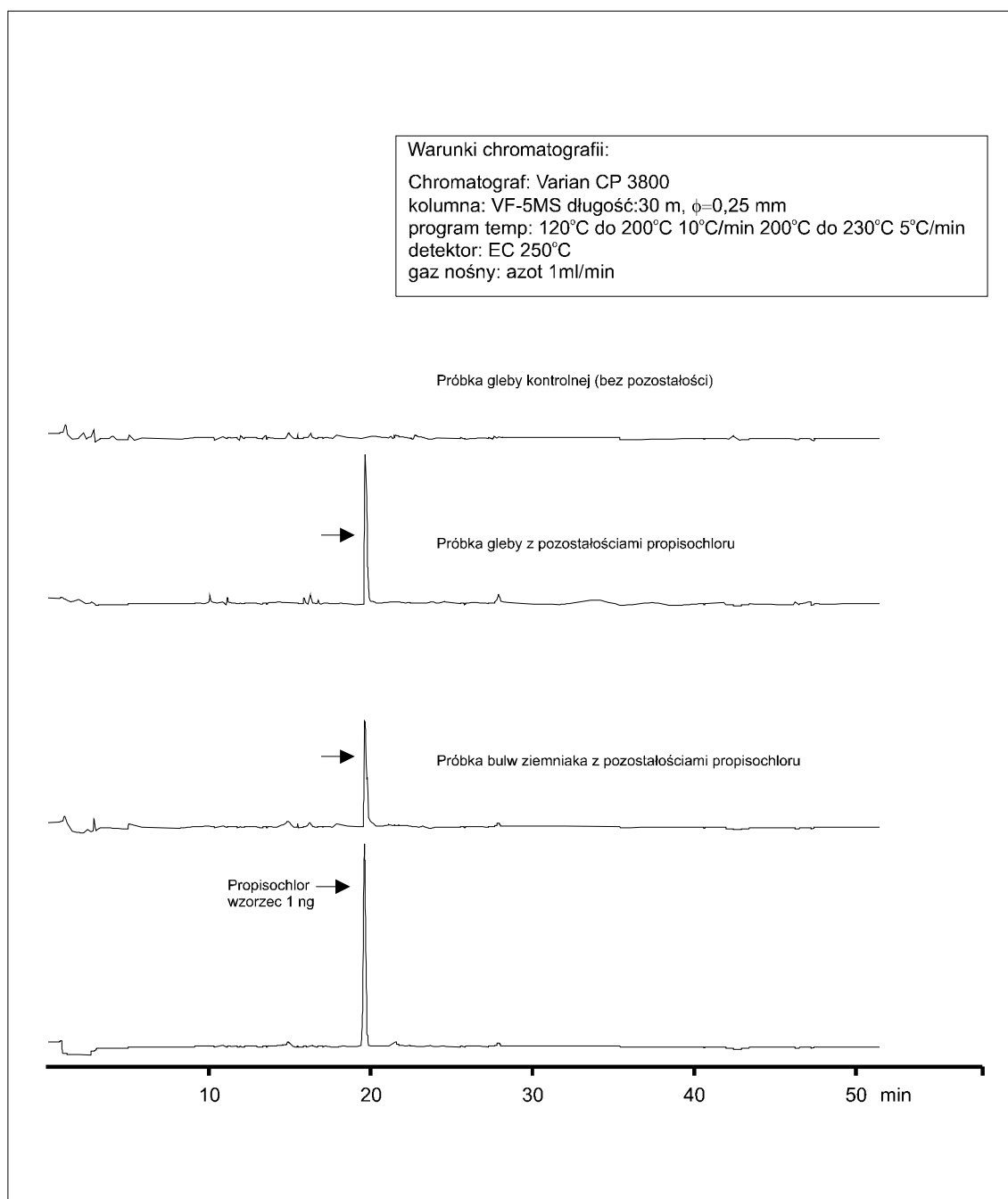
Pozostałości propizochloru wydzielano z materiału próbki (gleba, bulwy) poprzez ekstrakcję wodą destylowaną. Oczyszczanie ekstraktu z zanieczyszczeń przeprowadzano techniką SPE na złożu C₁₈. Frakcję zawierającą oznaczany związek wmywano acetonem.

Zebraną frakcję acetonu poddano analizie metodą chromatografii gazowej z detektorem EC.

Charakterystykę metody oznaczania propizochloru zamieszczono na rysunku 7, natomiast przykładowe chromatogramy i warunki chromatografii na rysunku 8.



Rys. 7. Schemat procedury analitycznej oznaczania propizochloru w glebie i bulwie ziemniaka.



Rys. 8. Oznaczanie propizochloru – przykładowe chromatogramy

3.3.6. Oznaczalność metod analitycznych

Parametry metod analitycznych stosowanych w próbkach pochodzących z uprawy buraka cukrowego oraz ziemniaka przedstawiono w tabelach 14 i 15.

Tabela 14. Charakterystyka metod analitycznych stosowanych w próbkach pochodzących z uprawy buraka cukrowego

Badane substancje	Odzysk [%]		Wykrywalność [ng]	Oznaczalność [mg·kg ⁻¹]	
	GLEBA	KORZEŃ		GLEBA	KORZEŃ
metamitron	95	95	0,02	0,0002*	0,0002*
chlorydazon	92	92	0,02	0,0003**	0,0003**

*) – dla 50 g próbki

**) – dla 30 g próbki

Tabela 15. Charakterystyka metod analitycznych stosowanych w próbkach pochodzących z uprawy ziemniaka

Badane substancje	Odzysk [%]		Wykrywalność [ng]	Oznaczalność [mg·kg ⁻¹]	
	GLEBA	BULWY		GLEBA	BULWY
metrybuzyna	79	71	0,05	0,0006*	0,0007*
propizochlor	84	73	0,02	0,0001**	0,0001**

*) – dla 40 g próbki

**) – dla 20 g próbki

3.4. Obliczenia statystyczne

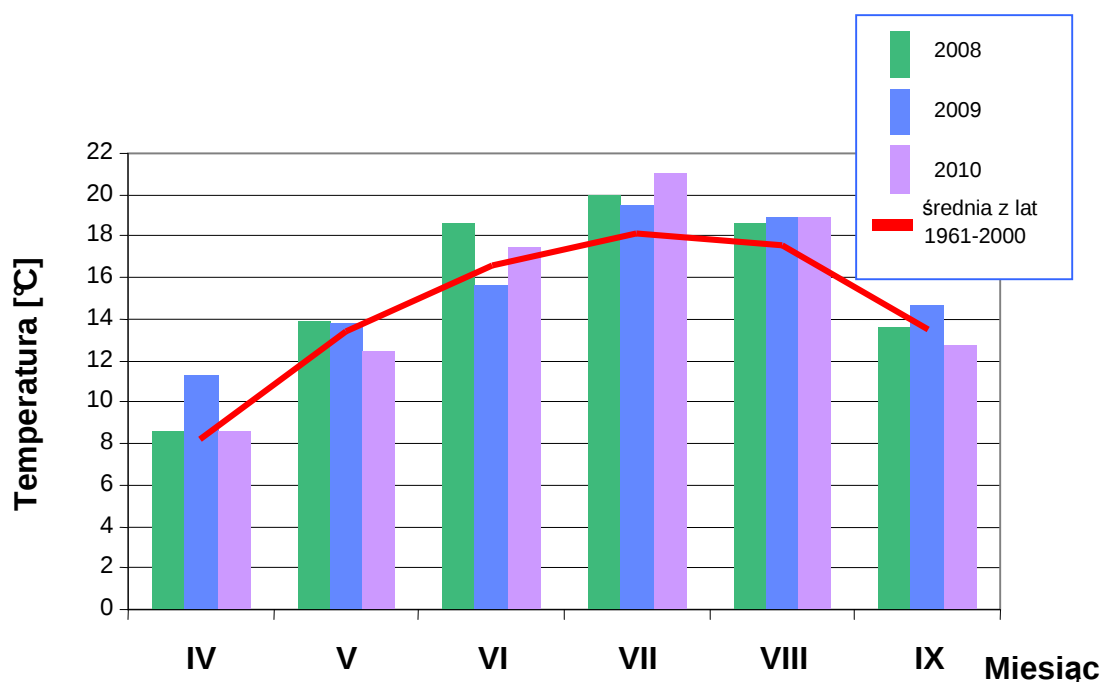
Obliczenia statystyczne plonu korzeni buraków cukrowych i bulw ziemniaków oraz pozostałości substancji aktywnych herbicydów wykonano metodą jednoczynnikowej analizy wariancji dla doświadczeń w układzie losowanych bloków. Istotność różnic testowano wykorzystując przedział ufności Turkey'a na poziomie $\alpha=0,05$.

Wymagane obliczenia wykonano w programie Statgraphics Centurion version XV.

3.5. Warunki meteorologiczne

Dane meteorologiczne dla okresu, w którym prowadzono doświadczenia (2008–2010) pochodzą ze stacji meteorologicznej IUNG – PiB zlokalizowane w Jelczu–Laskowicach.

Średnie miesięczne temperatury powietrza w badanych latach kształtowały się na podobnym poziomie dla tych samych miesięcy i nie odbiegały znacząco od średniej wieloletniej (1961–2000); (rys. 9).



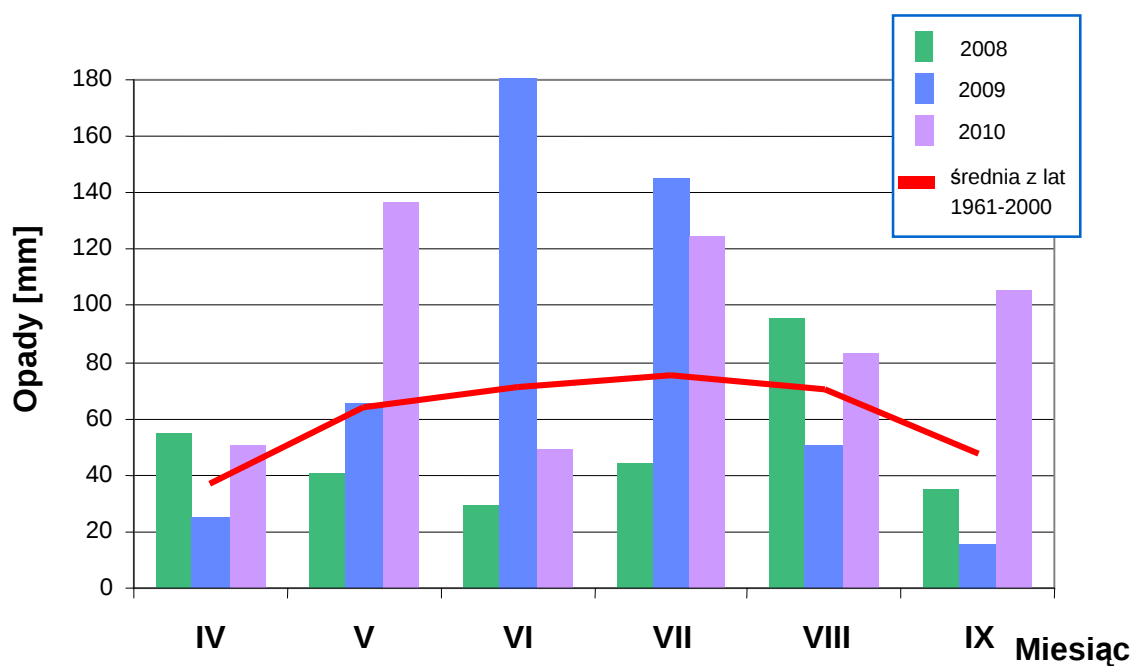
Rys. 9. Średnie miesięczne temperatury powietrza w latach 2008–2010

Na przestrzeni lat, w których prowadzono doświadczenia zaobserwowano zróżnicowanie opadów atmosferycznych (rys. 10).

Rok 2008 charakteryzował się niewielką ilością opadów w porównaniu z latami 2009 i 2010. Tylko w kwietniu i sierpniu odnotowano wyższe opady. Pozostałe miesiące były stosunkowo suche, a ich średnie sumy były znacznie niższe od średniej wieloletniej z lat 1961–2000.

W 2009 roku obfite opady odnotowano w czerwcu i lipcu, natomiast kwiecień i sierpień charakteryzowały się niewielką ilością opadów w porównaniu z latami: 2008 i 2010.

Najbardziej wilgotnymi miesiącami w 2010, w których odnotowano bardzo obfite deszcze były: maj, lipiec, sierpień i wrzesień. Mimo intensywnych opadów, na poletkach, na których prowadzono doświadczenia, nie obserwowano stagnującej wody. Jedynie w czerwcu suma opadów była, podobnie jak w 2008 roku, wyraźnie mniejsza od średniej wieloletniej.



Rys. 10. Średnie miesięczne sumy opadów w latach 2008–2010

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW

4.1. Doświadczenia polowe

4.1.1. Ocena działania i pozostałości herbicydów w uprawie buraka cukrowego

Doświadczenia polowe prowadzono w latach 2008, 2009 i 2010 w miejscowości Turów, w roku 2008 w miejscowości Strzelin i w roku 2009 w miejscowości Iwiny. Charakterystykę gleb w poszczególnych miejscowościach przedstawiono w tabelach 5, 6 i 7. W uprawie buraka cukrowego oceniano skuteczność chwastobójczą i fitotoksyczność: metamitronu (preparat handlowy Goltix 70 WG) i chlorydazonu (preparat handlowy Pyramin 65 WG) oraz wpływ tych substancji na plonowanie buraka. Preparaty aplikowano w dawce pełnej, bez adiuwantów, w dawce zredukowanej samodzielnie oraz w mieszaninie z adiuwantami: Actirob 842 EC, Atpolan 80 EC, Atpolan Bio 80 EC, Break-Thru S 240, Olbras 88 EC, Olejan 85 EC, Trend 90 EC. Zabiegi herbicydowe wykonano w tym samym terminie, po siewie buraka cukrowego, przed wschodami chwastów. Z doświadczeń polowych, w momencie zbioru buraka cukrowego, pobierano próby gleby i korzeni buraka, w celu określenia poziomu pozostałości aplikowanych substancji aktywnych herbicydów. Wyniki oznaczeń pozostałości w korzeniach buraka porównywano do wartości NDP (najwyższy dopuszczalny poziom pozostałości), który dla metamitronu wynosi $0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a dla chlorydazonu $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (ROZPORZĄDZENIE 2007a).

4.1.1.1. Doświadczenie: Turów 2008

W tabeli 16 przedstawiono wykaz chwastów, które dominowały w uprawie buraka cukrowego w miejscowości Turów w 2008 roku.

Tabela 16. Wykaz nazw chwastów: łacińskich, polskich i ich skrótów wg kodów EPPO oraz liczba chwastów występujących w doświadczeniu

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Skrót	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]
<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	CHEAL	28
<i>Polygonum persicaria</i> L.	rdest plamisty	POLPE	19
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szarłat szorstki	AMARE	15
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	rdest powojowy	POLCO	12
<i>Viola arvensis</i> MURR.	fiółek polny	VIOAR	12
<i>Veronica persica</i> POIR.	przetacznik perski	VERPE	12

4.1.1.1.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu

Metamitron aplikowany w pełnej zalecanej dawce charakteryzował się wysoką skutecznością chwastobójczą na poziomie 88–98%, wobec większości ocenianych chwastów. Jedynie rdest powojowy był średnio wrażliwy na działanie tej substancji. Redukcja dawki metamitronu o 33% (z 6 do 4 kg·ha⁻¹) wyraźnie obniżyła efektywność działania tej substancji. Względem większości gatunków skuteczność była na poziomie średnim (ok. 80%), a bardzo niska (ok. 50%) w przypadku rdestu powojowego. Dodatek wspomagaczy do zredukowanej dawki metamitronu spowodował poprawę działania chwastobójczego w porównaniu do stosowania metamitronu samodzielnie. Efektywność chwastobójcza była porównywalna do tej, którą obserwowano po zastosowaniu pełnej dawki metamitronu i wahała się w granicach od 85 do 92% w przypadku aplikowania z adiuwantem olejowym Olejan 85 EC oraz od 84 do 96% przy dodatku surfaktanta Trend 90 EC. W przypadku rdestu powojowego dodatek wspomagaczy poprawił działanie metamitronu, który był aplikowany w dawce zredukowanej. Chwast ten reagował podobnie jak na pełną dawkę tej substancji (był średnio wrażliwy); (tab. 17).

Tabela 17. Wpływ metamitronu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]						Plon [t·ha ⁻¹]
		POLCO	AMARE	VIOAR	CHEAL	POLPE	VERPE	
KONTROLA	–	* 12	* 15	* 12	* 28	* 19	* 10	7,5 a **
GOLTIX 70 WG	6 kg	74	98	98	96	94	88	41,7 b
GOLTIX 70 WG	4 kg	52	83	82	84	84	78	35,2 c
GOLTIX 70 WG + OLEJAN 85 EC	4 kg 1,5 l	70	92	92	89	87	85	41,2 b
GOLTIX 70 WG + TREND 90 EC	4 kg 0,3 l	72	96	88	92	90	84	40,3 b
							NIR 0,05	2,73

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Na wszystkich obiektach doświadczalnych odnotowano statystycznie istotny wzrost plonu korzeni buraka cukrowego w porównaniu z obiektem kontrolnym (nie opryskiwanym). Największy plon, w granicach od 40 do 42 t·ha⁻¹, zebrano z poletek, gdzie aplikowano metamitron samodzielnie w pełnej dawce oraz w dawce obniżonej łącznie z badanymi adiuwantami. Zaobserwowane niewielkie różnice w plonowaniu nie były istotne statystycznie. Zastosowanie metamitronu w dawce zredukowanej, bez adiuwantów wpłynęło na statystycznie istotne obniżenie plonu korzeni o ok. 15%, w porównaniu z obiektem, na którym aplikowano pełną dawkę tego herbicydu (tab. 17).

Nie obserwowano uszkodzeń roślin buraka cukrowego, powodowanych przez herbicydy stosowane zarówno w dawkach pełnych, jak i obniżonych z dodatkiem surfaktanta i adiuwanta olejowego.

4.1.1.1.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu

Po zastosowaniu pełnej dawki chlorydazonu stwierdzono zadowalającą efektywność działania (89–91%) wobec chwastów takich jak: komosa biała, rdest plamisty i przetacznik perski. Pozostałe gatunki były średnio wrażliwe (78–82%) na działanie herbicydu. Po obniżeniu dawki chlorydazonu zanotowano spadek skuteczności działania tej substancji. Oceniane chwasty były zwalczane na poziomie 70–83%. Poprawę efektywności działania zaobserwowano po dodaniu do zredukowanej

dawki chlorydazonu adiuwantów: Olejan 85 EC oraz Trend 90 EC. Zwalczanie chwastów tymi mieszaninami pozwalało zachować skuteczność chwastobójczą na poziomie, jaki odnotowano dla herbicydu stosowanego w dawce pełnej (tab. 18).

Tabela 18. Wpływ chlorydazonu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]						Plon [t·ha ⁻¹]
		POLCO	AMARE	VIOAR	CHEAL	POLPE	VERPE	
KONTROLA	-	* 12	* 15	* 12	* 28	* 19	* 10	7,5 a**
PYRAMIN 65 WP	6 kg	78	82	78	89	89	91	42,3 b
PYRAMIN 65 WP	4 kg	70	74	70	78	78	83	36,4 c
PYRAMIN 65 WP + OLEJAN 85 EC	4 kg 1,5 l	78	86	78	88	85	87	39,9 b
PYRAMIN 65 WP + TREND 90 EC	4 kg 0,3 l	75	83	75	85	83	89	41,5 b
							NIR 0,05	2,73

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

W przypadku wszystkich kombinacji herbicydowych notowano statystycznie istotny wzrost plonu korzeni buraka cukrowego w porównaniu do obiektu kontrolnego (bez herbicydu). Największe plony otrzymano z poletek, gdzie zastosowano zalecaną dawkę chlorydazonu oraz dawkę zredukowaną z dodatkiem adiuwantów: Olejan 85 EC lub Trend 90 EC. Brak adiuwantu, w przypadku obniżonej dawki chlorydazonu, powodował statystycznie istotne obniżenie plonu o ok. 10–14% (tab. 18).

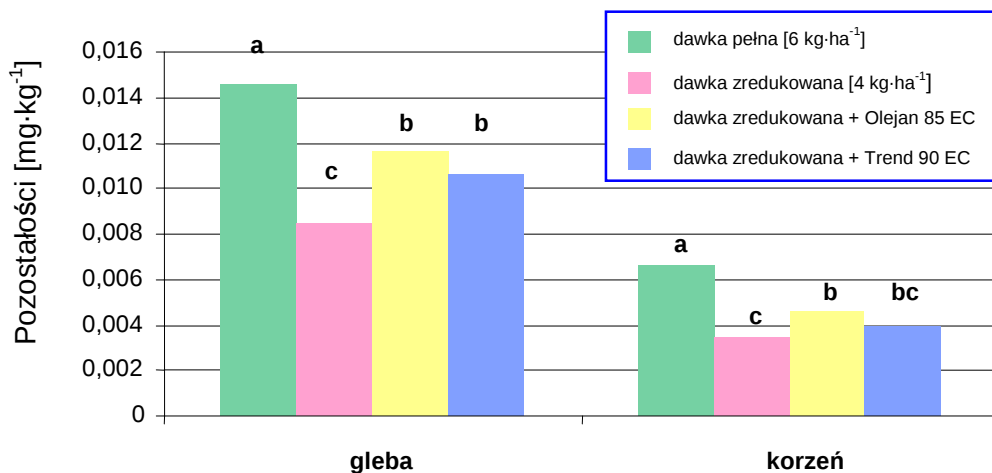
Po zastosowaniu chlorydazonu w dawce pełnej i obniżonej z dodatkiem adiuwantów, nie stwierdzono uszkodzeń roślin buraka cukrowego.

4.1.1.1.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów

Pozostałości w korzeniach buraka cukrowego

22 tygodnie po aplikacji herbicydów zebrano z pola roślinę uprawną. W tym samym czasie pobrano również próbki korzeni buraka cukrowego. Wykryto w nich

pozostałości metamitronu i chlorydazonu, w granicach odpowiednio: 0,0034–0,0066 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz 0,0027–0,0057 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (rys. 11 i 12).



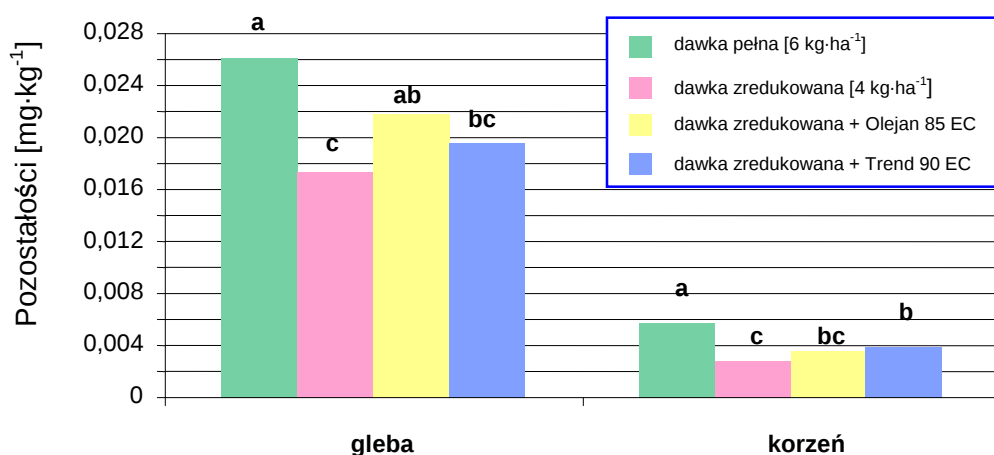
*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 11. Pozostałości metamitronu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

W porównaniu z najwyższymi dopuszczalnymi pozostałościami (NDP) dla tych substancji wykryte pozostałości były niższe dla metamitronu 30–60 razy, a dla chlorydazonu aż 86–185 razy. Najwyższe stężenie obu substancji stwierdzono w próbkach pobranych z poletek, gdzie zastosowano pełne dawki herbicydów. Wyraźny spadek pozostałości obserwowano, gdy zredukowano dawki preparatów chwastobójczych do 4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Aplikacja obniżonych dawek herbicydów ze wspomagaczami wpłynęła na wzrost pozostałości badanych substancji. Przy czym był on nieistotny statystycznie, gdy do metamitronu dodano surfaktant Trend 90 EC, a do chlorydazonu adiuwant olejowy Olejan 85 EC.

Pozostałości w glebie

W momencie zbioru buraka cukrowego, pobrano próbki gleby. Wszystkie z nich zawierały pozostałości substancji aktywnych stosowanych herbicydów (rys. 11 i 12). Najwyższe wykryto w próbkach pochodzących z obiektów, gdzie stosowano standardowe dawki herbicydów (6 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Wynosiły one 0,0146 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla metamitronu oraz 0,0261 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla chlorydazonu. Wyraźnie mniejsze stężenie substancji, tj. odpowiednio 0,0084 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i 0,0174 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ obserwowano, gdy dawkę obu herbicydów obniżono o 1/3.



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 12. Pozostałości chlorydazonu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

Zastosowanie herbicydów w dawkach zredukowanych w mieszaninach z adiuwantami spowodowało, iż pozostałości metamitronu oraz chlorydazonu wzrosły do poziomu odpowiednio 0,0106–0,0116 mg·kg⁻¹ i 0,0195–0,0219 mg·kg⁻¹. Jednak były one mniejsze niż te, jakie wykryto w próbkach pobranych z obiektów, gdzie aplikowano pełne dawki badanych preparatów chwastobójczych. Najmniejszy wpływ (nieistotny statystycznie) na wzrost stężenia chlorydazonu w glebie miał surfaktant Trend 90 EC, natomiast największy – adiuwant olejowy Olejan 85 EC (poziom pozostałości chlorydazonu porównywalny do tego, jaki notowano na obiekcie, gdzie zastosowano tę substancję w dawce pełnej).

4.1.1.2. Doświadczenie: Strzelin 2008

Powszechnie występującymi chwastami w uprawie buraka cukrowego w miejscowości Strzelin w 2008 roku były gatunki: rdest powojowy, kurzyślak polny, komosa biała, tobołki polne, bniec biały, mak polny szarłat szorstki przytulia czepna, fiołek polny i gwiazdnica pospolita (tab. 19).

Tabela 19. Wykaz nazw chwastów: łacińskich, polskich i ich skrótów wg kodów EPPO oraz liczba chwastów występujących w doświadczeniu

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Skrót	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	rdest powojowy	POLCO	15
<i>Anagallis arvensis</i> L.	kurzyśląd polny	ANGAR	10
<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	CHEAL	8
<i>Thlaspi arvense</i> L.	tobołki polne	THLAR	8
<i>Melandrium album</i> (MILL.) GARCKE	bniec biały	MELAL	7
<i>Papaver rhoeas</i> L.	mak polny	PAPRH	7
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szarłat szorstki	AMARE	6
<i>Galium aparine</i> L.	przytulia czepna	GALAP	6
<i>Viola arvensis</i> MURR.	fiołek polny	VIOAR	5
<i>Stellaria media</i> (L.) VILL.	gwiazdnica pospolita	STEME	5

4.1.1.2.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu

Najlepsze efekty w zwalczaniu chwastów uzyskano w przypadku aplikacji metamitronu samodzielnie, w dawce pełnej. Tobołki polne, fiołek polny, komosa biała oraz gwiazdnica pospolita były eliminowane w 86–90%, przytulia czepna, szarłat szorstki, kurzyśląd polny, bniec biały i mak polny w 74–84%, a rdest powojowy tylko w 65%. Spadek chwastobójczej skuteczności, o 5–12%, wobec wszystkich omawianych chwastów zaobserwowano, kiedy obniżono dawkę metamitronu. Większość gatunków wykazywała średnią wrażliwość na działanie tej substancji, natomiast rdest powojowy, przytulia czepna, kurzyśląd polny, bniec biały i mak polny były słabo przez nią zwalczane, na poziomie 60–70%. Wzrost efektywności działania badanego herbicydu, do poziomu, jaki obserwowano podczas stosowania pełnej dawki metamitronu, odnotowano w wyniku łącznej aplikacji tej substancji z adiuwantami Atpolan 80 EC i Trend 90 EC. Jedynie rdest powojowy charakteryzował się stosunkowo małą wrażliwością na działanie omawianych mieszanin herbicydowych (tab. 20).

Tabela 20. Wpływ metamitronu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]										Plon [t·ha ⁻¹]
		GALAP	POLCO	AMARE	THLAR	VIOAR	CHEAL	ANGAR	MELAL	STEME	PAPRH	
KONTROLA	–	* 6	* 15	* 6	* 8	* 5	* 8	* 10	* 7	* 5	* 7	9,4 a**
GOLTIX 70 WG	6 kg	74	65	84	90	86	87	72	75	88	84	50,4 b
GOLTIX 70 WG	4 kg	65	54	76	82	74	80	60	70	80	70	46,7 c
GOLTIX 70 WG + ATPOLAN 80 EC	4 kg 1,5 l	77	60	82	88	85	85	70	78	88	82	50,6 b
GOLTIX 70 WG + TREND 90 EC	4 kg 0,3 l	70	68	85	89	83	86	68	75	85	80	49,8 b
NIR 0,05											2,26	

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Najniższy plon korzeni buraka cukrowego stwierdzono na obiekcie kontrolnym, na którym nie przeprowadzono żadnego zabiegu herbicydowego. Metamitron stosowany w dawce pełnej oraz zredukowanej z dodatkiem badanych adiuwantów, zapewnił otrzymanie najwyższego plonu, w granicach 50 t·ha⁻¹. Niższy statystycznie plon zebrano z poletek, na których aplikowano obniżoną dawkę metamitronu (tab. 20).

Nie zaobserwowano uszkodzeń roślin buraka cukrowego, w związku ze stosowaniem badanych kombinacji herbicydowych.

4.1.1.2.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu

Komosa biała, gwiazdnica pospolita, mak polny oraz tobołki polne były efektywnie zwalczane (w 86–94%), po zastosowaniu zalecanej dawki chlorydazonu (6 kg·ha⁻¹). Pozostałe chwasty, występujące na poletkach, charakteryzowały się średnią wrażliwością na działanie tej substancji. Zmniejszenie dawki chlorydazonu do 4 kg·ha⁻¹ ograniczyło zwalczanie większości ocenianych gatunków do ok. 75% oraz do ok. 65% w przypadku chwastów takich jak: kurzyślak polny i bniec biały. Podobną efektywność

chwasobójczą, wobec omawianych gatunków, jaką odnotowano na obiektach opryskanych pełną dawką chlorydazonu, zaobserwowano, gdy do zredukowanej dawki substancji dodano adiuwant olejowy lub surfaktant (tab. 21).

Tabela 21. Wpływ chlorydazonu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]										Plon [t·ha ⁻¹]
		GALAP	POLCO	AMARE	THLAR	VIOAR	CHEAL	ANGAR	MELAL	STEME	PAPRH	
KONTROLA	—	* 6	* 15	* 6	* 8	* 5	* 8	* 10	* 7	* 5	* 7	9,4 a**
PYRAMIN 65 WP	6 kg	82	84	79	94	82	86	76	74	86	89	51,3 b
PYRAMIN 65 WP	4 kg	73	78	70	85	74	75	65	65	80	78	44,9 c
PYRAMIN 65 WP + ATPOLAN 80 EC	4 kg 1,5 l	84	83	78	92	80	85	72	74	87	90	49,6 b
PYRAMIN 65 WP + TREND 90 EC	4 kg 0,3 l	80	82	79	95	83	87	70	70	85	87	50,8 b
NIR 0,05											2,26	

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

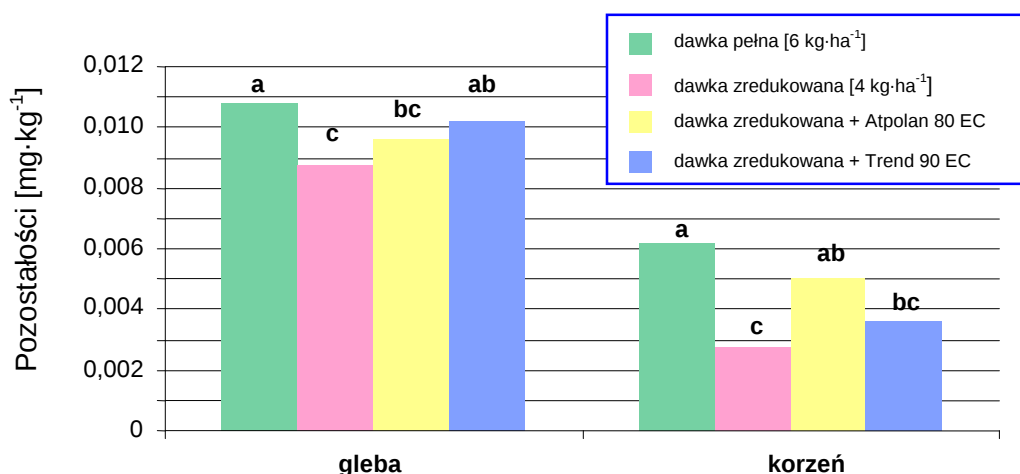
Najwyższe plony korzeni buraka cukrowego, w granicach 50–51 t·ha⁻¹ notowano na obiektach, gdzie aplikowano chlorydazon w pełnej dawce i w dawce zredukowanej w mieszaninie z adiuwantami: Atpolan 80 EC lub Trend 90 EC. Analiza statystyczna nie wykazała istotnego zróżnicowania w plonowaniu buraka cukrowego na tych obiektach. Istotny statystycznie spadek plonu, o ok. 5 t·ha⁻¹ odnotowano na obiekcie, gdzie zastosowano chlorydazon samodzielnie, w obniżonej o 33% dawce. Najmniejszy plon zebrano z obiektu kontrolnego, nie opryskiwanego żadnym herbicydem (tab. 21).

Stosowanie chlorydazonu w dawce rekomendowanej, obniżonej oraz łącznie z adiuwantami, nie wpływało fitotoksycznie na rośliny buraka cukrowego.

4.1.1.2.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów

Pozostałości w korzeniach buraka cukrowego

W chwili zbioru rośliny uprawnej (ok. 25 tygodni po wykonaniu zabiegu herbicydowego) pobrano próbki korzeni buraka cukrowego. We wszystkich analizowanych próbkach stwierdzono obecność pozostałości substancji aktywnych obu preparatów chwastobójczych (rys. 13 i 14).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

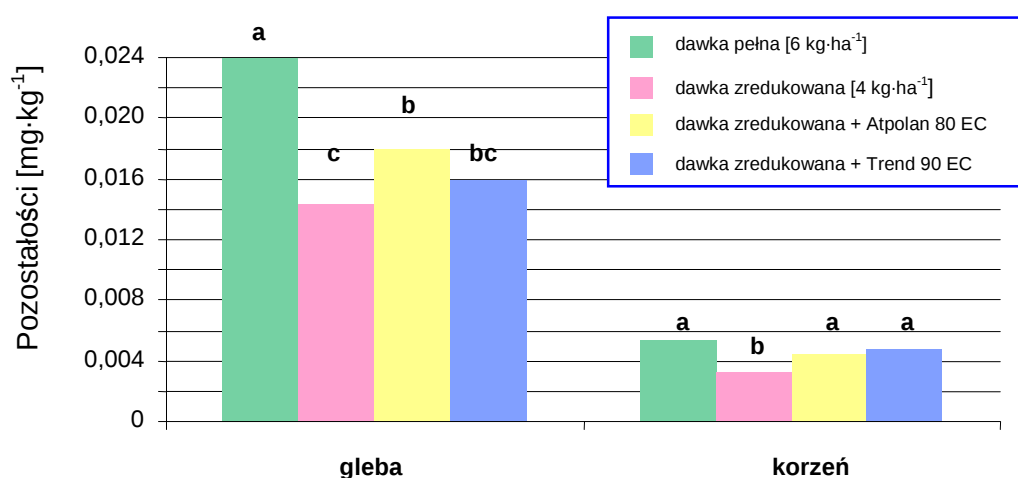
Rys. 13. Pozostałości metamitronu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

W próbkach korzeni buraka pochodzących z obiektów, gdzie aplikowano herbicydy w pełnych dawkach (po 6 kg·ha⁻¹ metamitronu lub chlorydazonu) pozostałości były najwyższe. Wynosiły one odpowiednio 0,0062 mg·kg⁻¹ i 0,0054 mg·kg⁻¹. Najmniejsze pozostałości, na poziomie odpowiednio 0,0028 mg·kg⁻¹ i 0,0033 mg·kg⁻¹ stwierdzono w próbkach pobranych z poletok, gdzie rekomendowane dawki obu herbicydów obniżono do 4 kg·ha⁻¹. Dodanie do obniżonych dawek preparatów chwastobójczych adiuwantów skutkowało wzrostem poziomu pozostałości obu substancji aktywnych. Aplikacja herbicydów z adiuwantem olejowym Atpolan 80 EC spowodowała, iż poziom pozostałości metamitronu i chlorydazonu wynosił odpowiednio 0,0050 mg·kg⁻¹ i 0,0045 mg·kg⁻¹ i był porównywalny do tego, jaki notowano na obiektach, gdzie stosowano te substancje w dawkach pełnych, bez adiuwantów. Podobny efekt stwierdzono, kiedy do zredukowanej dawki chlorydazonu dodano surfaktant Trend 90 EC (pozostałości substancji na poziomie 0,0048 mg·kg⁻¹).

Zastosowanie tego surfaktanta w mieszaninie z metamitronem wpłynęło na wzrost stężenia tej substancji w próbkach korzeni buraka do poziomu $0,0036 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Jednak poziom pozostałości metamitronu nie różnił się statystycznie istotnie od tego, jaki stwierdzono po aplikacji substancji w dawce obniżonej, bez adiuwantów.

Pozostałości w glebie

Obecność pozostałości substancji aktywnych obu herbicydów stwierdzono we wszystkich próbkach gleby, które zostały pobrane w chwili zbioru buraka cukrowego (rys. 13 i 14).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 14. Pozostałości chlorydazonu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

Ich poziom wahał się w granicach $0,0088\text{--}0,0108 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ metamitronu oraz $0,0144\text{--}0,0240 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ chlorydazonu. Najniższe pozostałości wykryto w próbkach pochodzących z poletek, gdzie aplikowano obniżone o $\frac{1}{3}$ dawki herbicydów, bez dodatku adiuwantów. Najwyższe – gdzie zastosowano dawki pełne, czyli $6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dodatek wspomagaczy do zredukowanych dawek preparatów chwastobójczych w zróżnicowany sposób wpływał na wzrost pozostałości tych substancji w glebie. Adiuwant olejowy Atpolan 80 EC powodował wzrost pozostałości metamitronu do poziomu $0,0096 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, jednak był on nieistotny statystycznie oraz wzrost stężenia chlorydazonu do poziomu $0,0180 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (wzrost istotny statystycznie). Mimo tego, poziom pozostałości obu substancji po ich aplikacji z tym adiuwantem były istotnie mniejsze od tego, jaki otrzymywano po zastosowaniu pełnych dawek herbicydów.

Po dodaniu surfaktanta Trend 90 EC stężenie metamitronu było porównywalne do poziomu, kiedy aplikowano pełną dawkę herbicydu, natomiast poziom pozostałości chlorydazonu nie różnił się istotnie od tego, jaki obserwowano po zastosowaniu zredukowanej dawki herbicydu, bez wspomagaczy.

4.1.1.3. Doświadczenie: Turów 2009

W miejscowości Turów w 2009 roku burak cukrowy zachwaszczony był głównie przez chwasty dwuliścienne (wykaz w tabeli 22).

Tabela 22. Wykaz nazw chwastów: łacińskich, polskich i ich skrótów wg kodów EPPO oraz liczba chwastów występujących w doświadczeniu

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Skrót	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]
<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	CHEAL	24
<i>Galium aparine</i> L.	przytulia czepna	GALAP	18
<i>Veronica persica</i> POIR.	przetacznik perski	VERPE	9
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szarłat szorstki	AMARE	6
<i>Stellaria media</i> (L.)VILL.	gwiazdnica pospolita	STEME	6
<i>Lamium purpureum</i> L.	jasnota purpurowa	LAMPU	6
<i>Polygonum persicaria</i> L.	rdest plamisty	POLPE	4

4.1.1.3.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu

Wysoką efektywność zwalczania większości chwastów, na poziomie 90–96%, uzyskano na poletkach, na których stosowano metamitron bez dodatku adiuwantów, w dawce zalecanej, równej 6 kg·ha⁻¹. Średnią wrażliwość na tę substancję wykazywały jedynie: przytulia czepna oraz komosa biała, których występowanie zostało ograniczone w 83–84%. Zbliżoną skuteczność chwastobójczą, wobec chwastów uzyskano po aplikacji metamitronu w dawce zredukowanej do $\frac{2}{3}$ dawki standardowej łącznie z adiuwantami Actirob 842 EC oraz Trend 90 EC. Wszystkie występujące w doświadczeniu chwasty były wyraźnie gorzej eliminowane, po zastosowaniu herbicydu samodzielnie, w dawce obniżonej. Wykazywały one średnią wrażliwość na działanie taką dawką (tab. 23).

Plony korzeni buraka cukrowego były wyższe (różnica statystycznie istotna) na poletkach odchwaszczanych chemicznie w porównaniu z obiektem kontrolnym. Na obiektach, gdzie stosowano metamitron w dawce obniżonej o 33% bez adiuwantów, zebrano plon korzenia równy 65 t·ha⁻¹. Wyższe o 5–7 t·ha⁻¹ plony, istotne statystycznie, zebrano z poletek, gdzie do zredukowanej dawki substancji dodano adiuwanty lub aplikowano standardową dawkę metamitronu. Analiza statystyczna nie wykazała istotnego zróżnicowania między tymi obiektami w plonowaniu buraka cukrowego (tab. 23).

Tabela 23. Wpływ metamitronu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]							Plon [t·ha ⁻¹]
		GALAP	CHEAL	LAMPU	POLPE	STEME	VERPE	AMARE	
KONTROLA	—	* 18	* 24	* 6	* 4	* 6	* 9	* 6	26,1 a**
GOLTIX 70 WG	6 kg	83	84	96	94	96	93	90	71,9 b
GOLTIX 70 WG	4 kg	75	76	83	78	84	85	78	65,4 c
GOLTIX 70 WG + ACTIROB 842 EC	4 kg 1,5 l	84	84	93	90	93	93	89	72,2 b
GOLTIX 70 WG + TREND 90 EC	4 kg 0,3 l	82	82	92	88	95	90	86	70,1 b
NIR 0,05									3,25

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

W trakcie prowadzenia doświadczenia nie stwierdzono uszkodzeń roślin buraka cukrowego, powodowanych przez metamitron stosowany zarówno w dawce zalecanej, obniżonej oraz w mieszaninach z dodatkiem adiuwanta olejowego i surfaktanta.

4.1.1.3.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu

Chlorydazon aplikowany w dawce standardowej (6 kg·ha⁻¹), efektywnie niszczył rdest plamisty, jasnotę purpurową, gwiazdnicę pospolitą oraz przetacznika

perskiego. Skuteczność chwastobójcza wahała się w granicach od 96 do 98%. Pozostałe chwasty: przytulia czepna, komosa biała i szarłat szorstki były średnio wrażliwe na działanie tej substancji i zostały wyeliminowane w 82%. Zredukowanie dawki chlorydazonu o 33% spowodowało, że chwasty bardzo wrażliwe na działanie tej substancji, stosowanej w dawce pełnej, były zwalczane słabiej i wykazywały średnią wrażliwość na aktywność herbicydu. Natomiast występowanie przytuli czepnej i komosy białej zostało ograniczone w 70%. Skuteczność chwastobójcza, na poziomie, jaki obserwowano w przypadku zastosowania chlorydazonu w dawce zalecanej, uzyskano wobec wszystkich gatunków aplikując na poletka doświadczalne mieszaniny herbicydu stosowanego w dawce zredukowanej z adiuwantami (tab. 24).

Tabela 24. Wpływ chlorydazonu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]							Plon [t·ha ⁻¹]
		GALAP	CHEAL	LAMPU	POLPE	STEME	VERPE	AMARE	
KONTROLA	—	* 18	* 24	* 6	* 4	* 6	* 9	* 6	26,1 a**
PYRAMIN 65 WP	6 kg	82	82	98	96	98	98	82	73,2 b
PYRAMIN 65 WP	4 kg	70	70	85	83	85	82	74	67,6 c
PYRAMIN 65 WP + ACTIROB 842 EC	4 kg 1,5 l	86	82	96	92	96	98	80	72,9 b
PYRAMIN 65 WP + TREND 90 EC	4 kg 0,3 l	82	80	94	95	94	95	78	71,8 b
NIR 0,05								3,25	

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

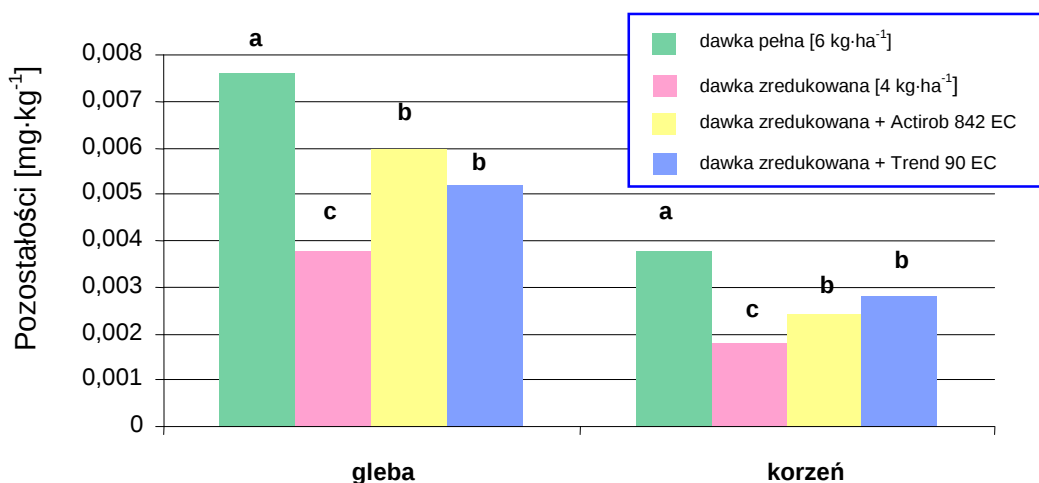
Zastosowanie chlorydazonu z adiuwantem olejowym lub surfaktantem umożliwiło uzyskanie zbliżonych wartości plonów korzeni buraka cukrowego, jak na obiekcie odchwaszczanym standardową dawką herbicydu. Wielkości plonu były istotnie wyższe niż na obiekcie kontrolnym, nie opryskiwanym. Wraz z ograniczeniem dawki chlorydazonu zaobserwowano istotne statystycznie obniżenie plonowania o 4–6 t·ha⁻¹ (tab. 24).

Nie odnotowano uszkodzeń roślin buraka cukrowego, wynikających z zastosowania mieszanin herbicydowych z adiuwantami.

4.1.1.3.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów

Pozostałości w korzeniach buraka cukrowego

Pozostałości metamitronu i chlorydazonu wykryto we wszystkich próbkach korzeni buraka cukrowego (rys. 15 i 16).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

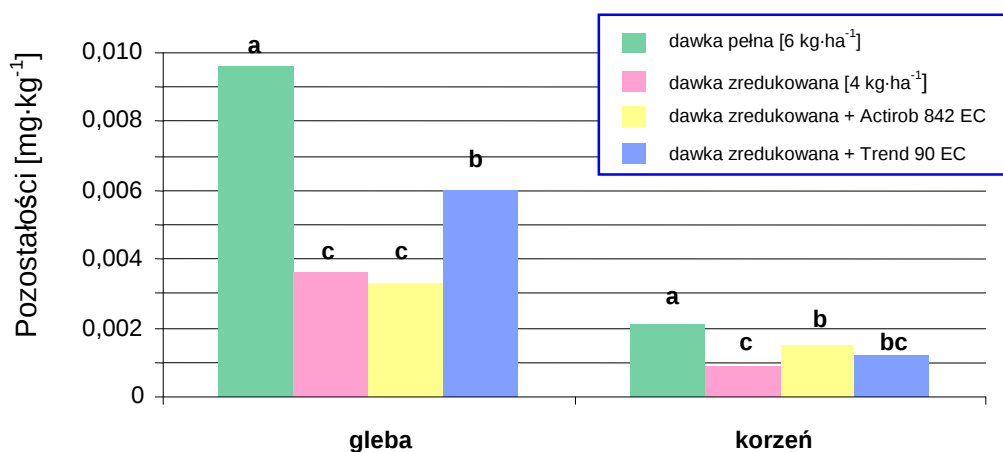
Rys. 15. Pozostałości metamitronu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

Podobnie jak w pozostałych doświadczeniach, w momencie zbioru rośliny uprawnej pobrano próbki korzeni buraka i gleby do oznaczeń pozostałości. W przypadku metamitronu pozostałości były 34–105 razy mniejsze od NDP, zawartych w normach, a chlorydazonu: 225–555 razy mniejsze. Najniższe stężenie obu substancji: 0,0018 mg·kg⁻¹ metamitronu i 0,0009 mg·kg⁻¹ chlorydazonu notowano w próbkach pobranych z polettek, gdzie stosowano zredukowaną dawkę herbicydów, bez wspomagaczy. Po dodaniu do obniżonych dawek herbicydów adiuwantów obserwowano różny wzrost stężenia obu substancji w korzeniach buraka. Był on nieistotny statystycznie, kiedy chlorydazon stosowano w mieszaninie z surfaktantem Trend 90 EC. Natomiast istotny wzrost stężenia obserwowano, kiedy do zredukowanej dawki metamitronu dodano surfaktant Trend 90 EC (wzrost o ok. 55%) lub adiuwant Actirob 842 EC (wzrost o ok.

33%), a do obniżonej dawki chlorydazonu – adiuwant Actirob 842 EC (wzrost o ok. 67%). Mimo tego, wykryty poziom pozostałości obu substancji był wyraźnie niższy niż stężenie jakie notowano, kiedy aplikowano standardowe dawki herbicydów. Wówczas pozostałości metamitronu i chlorydazonu sięgały rzędu odpowiednio $0,0038 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz $0,0021 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Pozostałości w glebie

Obecność pozostałości obu substancji aktywnych herbicydów stwierdzono we wszystkich próbkach gleby, jakie pobrano w chwili zbioru buraka cukrowego (rys. 15 i 16).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 16. Pozostałości chlorydazonu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

Zarówno w przypadku metamitronu i chlorydazonu nie przekroczyły one poziomu $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i kształtowały się w granicach odpowiednio od $0,0038$ do $0,0076 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz od $0,0033$ do $0,0096 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, w zależności od zastosowanych dawek substancji i ich kombinacji z adiuwantami. Najwyższe pozostałości obu substancji stwierdzono w próbkach gleby pochodzącej z poletok, na których aplikowano rekomendowane dawki herbicydów, tj. $6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Obniżenie jej do $4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ skutkowało również wyraźnym spadkiem pozostałości obu substancji. Po dodaniu do zredukowanej dawki metamitronu adiuwantów Actirob 842 EC i Trend 90 EC obserwowano wzrost pozostałości substancji odpowiednio o ok. 58% i 37%. Wykryte stężenia substancji były mimo tego wyraźnie mniejsze od tego, jaki notowano na obiektach po zastosowaniu

pełnej dawki herbicydu, bez adiuwantów. Wzrost stężenia chlorydazonu, o ok. 67% obserwowano również, kiedy obniżoną dawkę herbicydu aplikowano w mieszaninie z surfaktantem Trend 90 EC. Zależności takiej nie stwierdzono po dodaniu do zredukowanej dawki chlorydazonu adiuwanta Actirob 842 EC (spadek pozostałości o 8%).

4.1.1.4. Doświadczenie: Iwiny 2009

W doświadczeniu zlokalizowanym w miejscowości Iwiny, dominującymi chwastami w uprawie buraka cukrowego w 2009 roku były gatunki, przedstawione w tabeli 25.

Tabela 25. Wykaz nazw chwastów: łacińskich, polskich i ich skrótów wg kodów EPPO oraz liczba chwastów występujących w doświadczeniu

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Skrót	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]
<i>Brassica napus</i> L. subsp. <i>napus</i>	rzepak ozimy (samosiewy)	BRSNA	32
<i>Viola arvensis</i> MURR.	fiołek polny	VIOAR	26
<i>Tripleurospermum inodorum</i> L. SCH. BIP.	maruna bezwonna	MATIN	17
<i>Thlaspi arvense</i> L.	tobołki polne	THLAR	15
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	rdest powojowy	POLCO	7
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szarłat szorstki	AMARE	6
<i>Lamium purpureum</i> L.	jasnota purpurowa	LAMPU	6
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	jasnota różowa	LAMAM	5

4.1.1.4.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu

Na poletkach, gdzie aplikowano standardową dawkę metamitronu bez adiuwantów obserwowano zadawalające (na poziomie 86–90%) zniszczenie większości występujących tam chwastów. Średnio wrażliwy na działanie tej substancji okazał się szarłat szorstki i rdest powojowy. Zastosowanie metamitronu w zredukowanej o 1/3 dawce skutkowało spadkiem skuteczności chwastobójczej o 7–12% wobec większości gatunków oraz o 8–10% w przypadku szkarłatu szorstkiego i rdestu powojowego. Aplikacja zredukowanej dawki herbicydu ze wspomagaczami Olbras 88 EC i Break–

Thru S 240 poprawiła efektywność chwastobójczą. Spośród chwastów: rdest powojowy, szarłat szorstki i fiolek polny wykazywały średnią wrażliwość na działanie aplikowanych mieszanin, podczas gdy pozostałe gatunki eliminowane były w 86–92% (tab. 26).

Tabela 26. Wpływ metamitronu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]									Plon [t·ha ⁻¹]
		BRNX	THLAR	POLCO	VIOAR	AMARE	CHEAL	MATIN	LAMPU	LAMAM	
KONTROLA	—	* 32	* 15	* 7	* 26	* 6	* 5	* 17	* 6	* 5	30,1 a**
GOLTIX 70 WG	6 kg	86	88	80	86	82	90	87	87	87	60,1 b
GOLTIX 70 WG	4 kg	74	78	72	76	72	82	78	80	80	54,9 c
GOLTIX 70 WG + OLBRAS 88 EC	4 kg 1,5 l	85	86	84	82	82	88	87	92	90	60,4 b
GOLTIX 70 WG + BREAK-THRU S 240	4 kg 0,3 l	82	84	80	82	80	89	85	88	87	58,9 b
NIR _{0,05}										3,08	

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Na obiektach, gdzie aplikowano metamitron bez dodatku wspomagaczy w dawce standardowej, równej 6 t·ha⁻¹ oraz zredukowanej do 4 t·ha⁻¹ uzyskano istotne zróżnicowanie plonowania korzeni buraka cukrowego, wynoszące odpowiednio 60 i 55 t·ha⁻¹. Dodatek adiuwantów do obniżonej dawki herbicydu zapewnił uzyskanie plonu korzeni na poziomie 59–60 t·ha⁻¹. Podobną wysokość plonu (ok. 60 t·ha⁻¹) uzyskano stosując metamitron w dawce pełnej. Niewielkie zróżnicowanie w wysokości plonu na tych obiektach nie zostało potwierdzone statystycznie (tab. 26).

Użycie mieszanin herbicydowych bez dodatku, jak i łącznie z adiuwantami nie wpływało fitotoksycznie na rośliny buraka cukrowego.

4.1.1.4.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu

Chlorydazon stosowany samodzielnie w dawce zalecanej eliminował w 85–93% większość chwastów występujących w doświadczeniu. Gatunkami słabiej zwalczanymi (na poziomie 82–84%) były: szarłat szorstki i maruna bezwonna. Gdy obniżono dawkę substancji do $\frac{2}{3}$ dawki standardowej obserwowano znaczny spadek skuteczności chwastobójczej wobec wszystkich omawianych gatunków, które wykazywały średnią wrażliwość na działanie tego herbicydu. Aplikacja zredukowanej dawki chlorydazonu z adiuwantami poprawiała skuteczność chwastobójczą wobec takich chwastów jak: tobołki polne, komosa biała, jasnota purpurowa i jasnota różowa, które były niszczone na poziomie podobnym, jaki odnotowano na obiekcie potraktowanym pełną dawką herbicydu. Efektywność działania wobec pozostałych gatunków kształtowała się na poziomie średnim i wynosiła od 78 do 84% w przypadku dodatku adiuwantu olejowego Olbras 88 EC oraz od 76 do 84% w przypadku wspomagacza Break-Thru S 240 (tab. 27).

Tabela 27. Wpływ chlorydazonu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]									Plon [t·ha ⁻¹]
		BRSNX	THLAR	POLCO	VIOAR	AMARE	CHEAL	MATIN	LAMPU	LAMAM	
KONTROLA	—	* 32	* 15	* 7	* 26	* 6	* 5	* 17	* 6	* 5	30,1 a**
PYRAMIN 65 WP	6 kg	85	90	86	85	82	93	84	87	87	61,7 b
PYRAMIN 65 WP	4 kg	74	82	78	74	72	84	76	78	78	57,2 c
PYRAMIN 65 WP + OLBRAS 88 EC	4 kg 1,5 l	82	92	84	82	78	89	87	85	87	61,2 b
PYRAMIN 65 WP + BREAK-THRU S 240	4 kg 0,3 l	82	88	80	84	76	90	80	86	84	60,7 b
NIR 0,05										3,08	

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Plony korzeni na wszystkich poletkach doświadczalnych, gdzie stosowano ochronę chemiczną, różniły się w porównaniu z poletkiem kontrolnym. Były to różnice

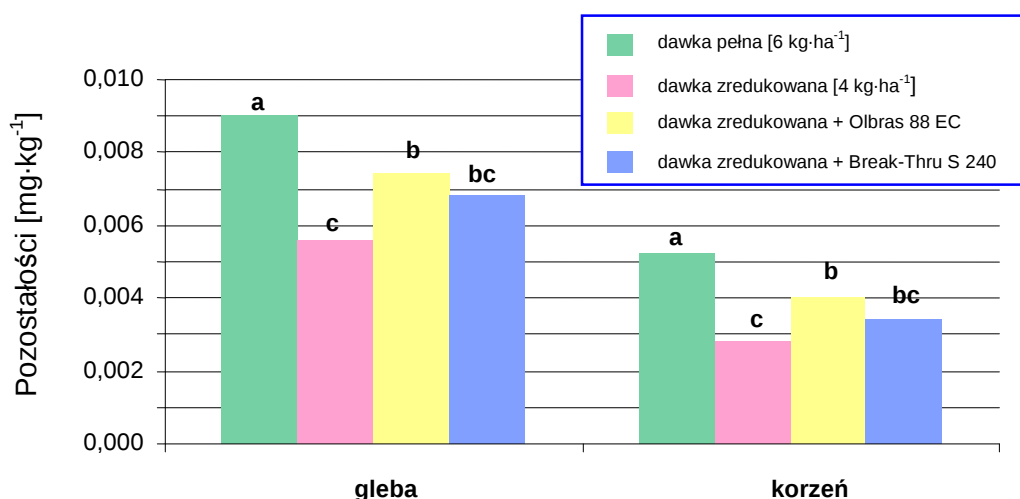
istotne statystycznie. Najmniejszy plon otrzymano z obiektu, gdzie stosowano chlorydazon bez adiuwantów, w dawce obniżonej o 33% i wynosił on ok. 57 t·ha⁻¹. Zwiększenie dawki substancji do zalecanej pozwoliło uzyskać istotnie wyższy plon korzeni równy 61,7 t·ha⁻¹. Pomimo, iż łączna aplikacja chlorydazonu z adiuwantami nie zapewniła ograniczenia liczby wszystkich chwastów na pożądanym poziomie, analiza statystyczna nie wykazała istotnego zróżnicowania w plonowaniu buraka między tymi obiektami a obiektem, gdzie zastosowano pełną dawkę chlorydazonu i zebrano najwyższy plon korzeni buraka cukrowego (tab. 27).

W trakcie badań nie obserwowano uszkodzeń roślin buraka cukrowego, powodowanych przez herbicydy stosowane zarówno w dawkach pełnych, jak i obniżonych oraz z dodatkiem adiuwantów.

4.1.1.4.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów

Pozostałości w korzeniach buraka cukrowego

Próbki korzeni buraka cukrowego zostały pobrane w trakcie zbioru rośliny uprawnej (ok. 25 tygodni po aplikacji herbicydów). Wszystkie z nich zawierały pozostałości metamitronu i chlorydazonu, lecz nie przekraczały one najwyższych dopuszczalnych pozostałości (NDP), określonych w normach (rys. 17 i 18).



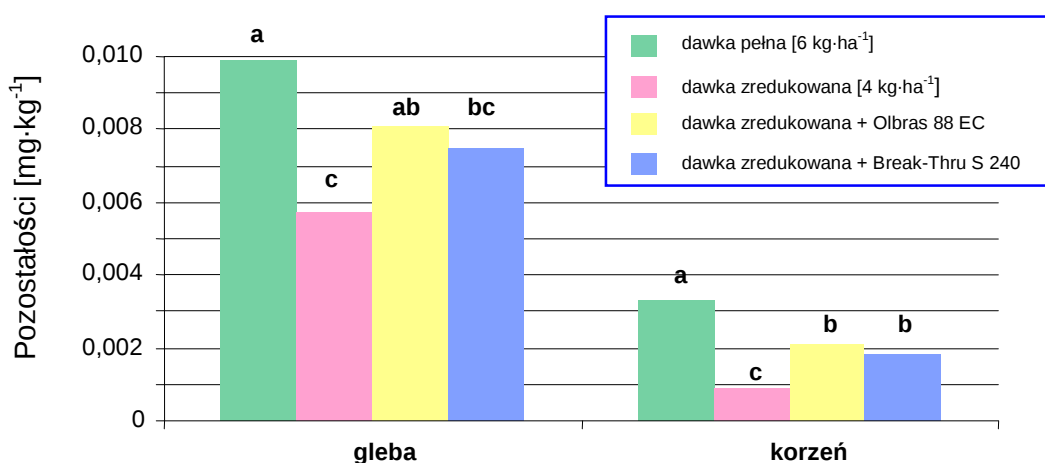
*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 17. Pozostałości metamitronu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

Najwyższe stężenia substancji obserwowano w próbkach pochodzących z obiektów, gdzie stosowano standardowe dawki herbicydów i wynosiły one 0,0052 mg·kg⁻¹ dla metamitronu oraz 0,0033 mg·kg⁻¹ dla chlorydazonu. Mniejsze istotnie pozostałości badanych substancji notowano w próbkach z obiektów, gdzie zredukowane o 1/3 dawki herbicydów aplikowano w mieszaninach z adiuwantami Olbras 88 EC oraz Break-Thru S 240. W przypadku metamitronu wahały się one w granicach od 0,0034 do 0,0040 mg·kg⁻¹, a chlorydazonu od 0,0018 do 0,0021 mg·kg⁻¹. Wyraźnie najniższe stężenie obu substancji wykryto w próbkach, gdzie herbicydy aplikowano w dawkach zredukowanych o 1/3, bez dodatku adiuwantów. Wynosiło on 0,0028 mg·kg⁻¹ metamitronu oraz 0,0009 mg·kg⁻¹ chlorydazonu.

Pozostałości w glebie

Wraz ze zbiorem buraka cukrowego pobrano próbki gleby. Wszystkie analizowane próbki zawierały pozostałości substancji aktywnych obu preparatów chwastobójczych (rys. 17 i 18).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 18. Pozostałości chlorydazonu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

Najniższe wykryto w próbkach pochodzących z poletek, gdzie zastosowano zredukowane o 33% dawki herbicydów i wynosiły one 0,0056 mg·kg⁻¹ dla metamitronu i 0,0057 mg·kg⁻¹ dla chlorydazonu. Po dodaniu do obniżonych dawek obu herbicydów surfaktanta Break-Thru S 240 obserwowano wzrost pozostałości tych substancji, jednak nie był on istotny statystycznie. Wyższe stężenie metamitronu i chlorydazonu,

na poziomie odpowiednio 0,0074 mg·kg⁻¹ i 0,0081 mg·kg⁻¹ wykryto, kiedy dodano adiuwant olejowy Olbras 88 EC. Ze wszystkich badanych kombinacji, tylko mieszanina zredukowanej dawki chlorydazonu ze wspomagaczem Olbras 88 EC powodowała, iż poziom wykrytych pozostałości tej substancji był porównywalny do tego, jaki notowano po aplikacji pełnej dawki herbicydu. W tym przypadku stężenie metamitronu i chlorydazonu było najwyższe i wynosiło odpowiednio 0,0090 mg·kg⁻¹ oraz 0,0099 mg·kg⁻¹.

4.1.1.5. Doświadczenie: Turów 2010

W tabeli 28. przedstawiono wykaz chwastów, które najliczniej występowały w uprawie buraka cukrowego w miejscowości Turów w 2010 roku.

Tabela 28. Wykaz nazw chwastów: łacińskich, polskich i ich skrótów wg kodów EPPO oraz liczba chwastów występujących w doświadczeniu

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Skrót	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]
<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	CHEAL	27
<i>Polygonum persicaria</i> L.	rdest plamisty	POLPE	23
<i>Veronica persica</i> POIR.	przetacznik perski	VERPE	18
<i>Galium aparine</i> L.	przytulia czepna	GALAP	10
<i>Stellaria media</i> (L.)VILL.	gwiazdnica pospolita	STEME	9
<i>Capsella bursa – pastoris</i> (L.) MEDIK.	tasznik pospolity	CAPBP	6
<i>Thlaspi arvense</i> L.	tobołki polne	THLAR	5
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szarłat szorstki	AMARE	5
<i>Lamium purpureum</i> L.	jasnota purpurowa	LAMPU	5
<i>Tripleurospermum inodorum</i> L. SCH. BIP.	maruna bezwonna	MATIN	5

4.1.1.5.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metamitronu

Metamitron, niezależnie od dawki, skutecznie ograniczał występowanie tobołków polnych, jasnoty purpurowej, maruny bezwonnej, gwiazdnicy pospolitej oraz tasznika pospolitego. Efektywność chwastobójcza wahała się w granicach 98–100% po zastosowaniu dawki standardowej (6 kg·ha⁻¹) i od 86 do 88% po zredukowaniu

dawki do 4 kg·ha⁻¹. Dodatek adiuwantów Atpolan Bio 80 EC lub Trend 90 EC poprawił i tak wysoką już skuteczność chwastobójczą tej substancji do poziomu 95–100%. W przypadku chwastów jak: szarłat szorstki, komosa biała i przetacznik perski, zastosowanie metamitronu samodzielnie w dawce zalecanej i obniżonej, ale w mieszaninie z adiuwantami eliminowało występowanie tych gatunków na poziomie 85–98%. Aplikacja zredukowanej dawki metamitronu bez wspomagacza obniżyła skuteczność chwastobójczą herbicydu wobec wyżej wymienionych chwastów. Wynosiła ona od 78 do 82%. Najslabiej zwalczanym przez metamitron chwastem był rdest plamisty. Ograniczenie liczebności tego gatunku w granicach 80–84% obserwowano po zastosowaniu standardowej dawki herbicydu i dawki obniżonej z dodatkiem adiuwantów. Metamitron użyty samodzielnie, w dawce zredukowanej zwalczał rdest powojowy w 70% (tab. 29).

Tabela 29. Wpływ metamitronu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]										Plon [t·ha ⁻¹]
		GALAP	POLPE	AMARE	THLAR	LAMPU	CHEAL	MATIN	VERPE	STEME	CAPBP	
KONTROLA	–	* 10	* 23	* 5	* 5	* 5	* 27	* 5	* 18	* 9	* 6	20,4 a**
GOLTIX 70 WG	6 kg	86	80	89	98	100	91	100	94	100	100	48,3 b
GOLTIX 70 WG	4 kg	74	70	78	86	86	82	87	82	87	88	43,6 c
GOLTIX 70 WG + ATPOLAN BIO 80 EC	4 kg 1,5 l	90	84	87	100	98	92	100	98	100	100	46,2 b
GOLTIX 70 WG + TREND 90 EC	4 kg 0,3 l	86	80	85	95	96	88	97	90	97	98	47,0 b
NIR _{0,05}												2,73

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Największe plony korzeni buraka cukrowego, na poziomie 46–48 t·ha⁻¹ odnotowano na obiektach, gdzie zastosowano metamitron w dawce 6 kg·ha⁻¹ bez wspomagaczy oraz w dawce obniżonej o 33% łącznie z badanymi adiuwantami. Niewielkie różnice w plonowaniu między obiektami nie były istotne statystycznie.

Aplikacja metamitronu w dawce zredukowanej, ale bez adiuwantów, obniżyła plon korzeni o ok. 3–5 t·ha⁻¹ (tab. 29).

Nie zaobserwowano uszkodzeń roślin buraka cukrowego, w związku ze stosowaniem badanych kombinacji herbicydowych.

4.1.1.5.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność chlorydazonu

Prawie wszystkie chwasty występujące w doświadczeniu były dobrze niszczone (na poziomie 86–97%) przez chlorydazon, użyty w zalecanej dawce, tj. 6 kg·ha⁻¹. Jedynie słabiej zwalczana była przytulia czepna, która wykazywała średnią wrażliwość na działanie tej substancji. Obniżenie dawki herbicydu do 4 kg·ha⁻¹ spowodowało spadek skuteczności chwastobójczej do 74–84% wobec wszystkich ocenianych chwastów. Po dodaniu do zredukowanej dawki chlorydazonu adiuwantów Atpolan Bio 80 EC lub Trend 90 EC nastąpiła poprawa efektywności działania o 5–15%, w porównaniu z efektem, jaki otrzymano stosując obniżoną dawkę herbicydu, bez wspomagaczy (tab. 30).

Tabela 30. Wpływ chlorydazonu stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon korzenia buraka cukrowego

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]										Plon [t·ha ⁻¹]
		GALAP	POLPE	AMARE	THLAR	LAMPU	CHEAL	MATIN	VERPE	STEME	CAPBP	
KONTROLA	—	* 10	* 23	* 5	* 5	* 5	* 27	* 5	* 18	* 9	* 6	20,4 a**
PYRAMIN 65 WP	6 kg	84	93	86	94	87	88	86	95	97	98	49,2 b
PYRAMIN 65 WP	4 kg	74	82	78	82	76	76	78	82	82	84	46,3 c
PYRAMIN 65 WP + ATPOLAN BIO 80 EC	4 kg 1,5 l	82	96	85	97	90	89	90	89	96	95	48,5 b
PYRAMIN 65 WP + TREND 90 EC	4 kg 0,3 l	84	95	84	92	86	85	88	92	92	93	48,2 b
NIR _{0,05}												2,73

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

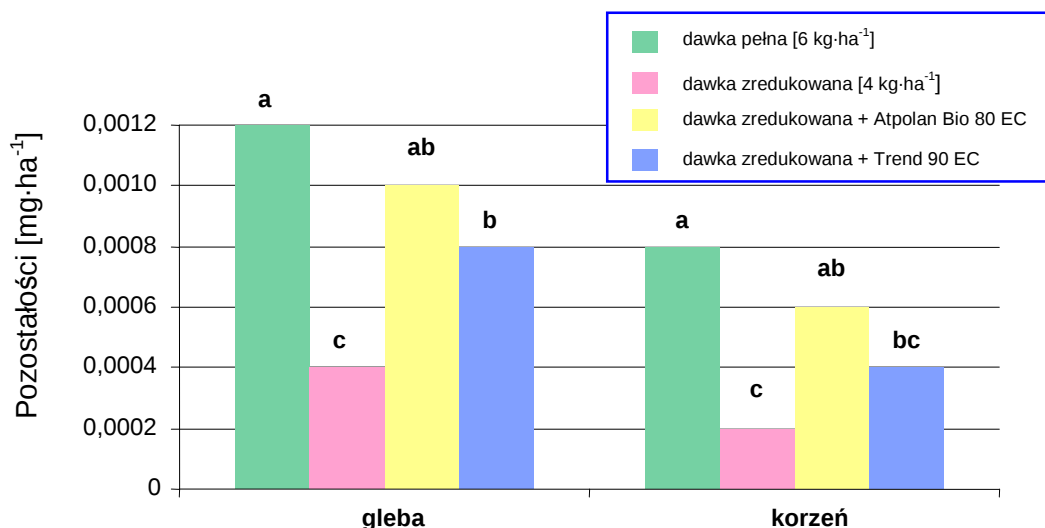
Najwyższe plony korzeni buraka cukrowego, w granicach 48–49 t·ha⁻¹ notowano na obiektach, gdzie aplikowano chlorydazon w dawce standardowej i w dawce zredukowanej w mieszaninie z adiuwantami: Atpolan Bio 80 EC lub Trend 90 EC. Analiza statystyczna nie wykazała istotnego zróżnicowania w plonowaniu buraka cukrowego pomiędzy tymi obiektami. Istotny statystycznie spadek plonu, o ok. 2–3 t·ha⁻¹ odnotowano na obiekcie, gdzie zastosowano chlorydazon samodzielnie, w obniżonej o 33% dawce. Najmniejszy istotnie plon zebrano z obiektu kontrolnego, nie opryskiwanego żadnym herbicydem (tab. 30).

Nie odnotowano uszkodzeń roślin buraka cukrowego, wynikających z zastosowania chlorydazonu w dawce standardowej, zredukowanej oraz w mieszaninach z adiuwantami.

4.1.1.5.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów

Pozostałości w korzeniach buraka cukrowego

W momencie zbioru rośliny uprawnej (ok. 23 tygodnie po zastosowaniu oprysku herbicydowego) pobrano do analizy chemicznej próbki korzeni buraka cukrowego. We wszystkich stwierdzono pozostałości metamitronu i chlorydazonu, na poziomie nie przekraczającym 0,001 mg·kg⁻¹, czyli ok. 200–500 razy mniejsze od najwyższych dopuszczalnych pozostałości (NDP) (rys. 19 i 20).



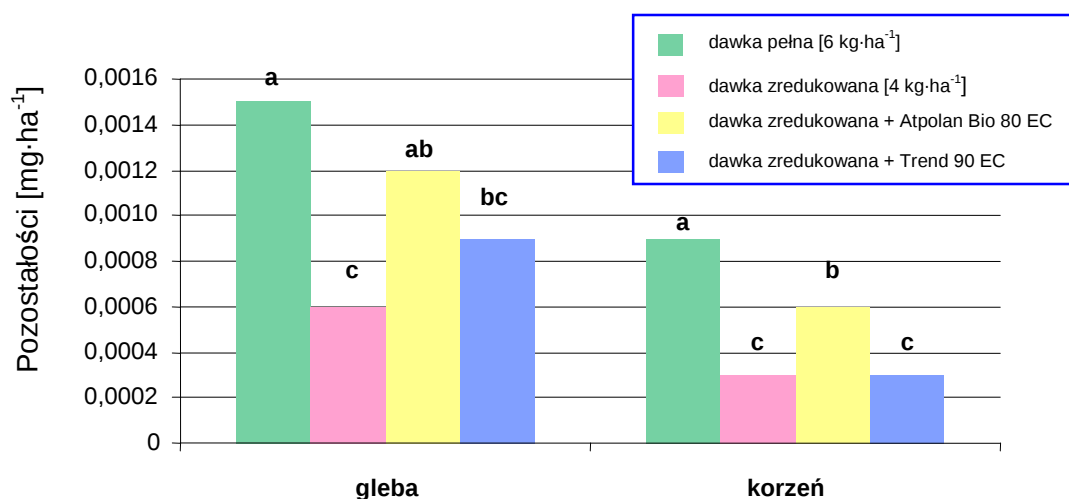
*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 19. Pozostałości metamitronu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

Pozostałości rzędu $0,0002 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ metamitronu i $0,0003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ chlorydazonu stwierdzono w próbkach, pochodzących z poletek, na których stosowano herbicydy w dawce zredukowanej, bez adiuwantów. Było to najniższe stężenie substancji badanych preparatów chwastobójczych, jakie wykryto. Najwyższe wynosiło odpowiednio $0,0008 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz $0,0009 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i notowano je w próbkach, gdzie aplikowano pełne dawki herbicydów. Dodając do obniżonej o $\frac{1}{3}$ dawki obu herbicydów adiuwant olejowy Atpolan Bio 80 EC obserwowano istotny wzrost poziomu pozostałości zarówno metamitronu, jak i chlorydazonu do poziomu $0,0006 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W przypadku chlorydazonu, był on wyraźnie mniejszy od najwyższych stężeń tej substancji, jakie wykryto prowadząc to doświadczenie. Natomiast w przypadku metamitronu – takiej zależności nie stwierdzono (stężenie tej substancji porównywalne do najwyższego, jakie stwierdzono w doświadczeniu). Wyższy poziom pozostałości badanych substancji ($0,0004 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ metamitronu i $0,0003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ chlorydazonu) stwierdzono również po zastosowaniu ich łącznie z surfaktantem Trend 90 EC. Analiza statystyczna nie wykazała jednak istotnych różnic między tymi poziomami pozostałości, a najmniejszymi wykrytymi stężeniami obu substancji aktywnych herbicydów.

Pozostałości w glebie

Pozostałości metamitronu i chlorydazonu stwierdzono we wszystkich próbkach gleby, jakie pobrano w trakcie zbioru buraka cukrowego (rys. 19 i 20).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 20. Pozostałości chlorydazonu w glebie i w korzeniach buraka cukrowego

Aplikacja herbicydów w pełnych, rekomendowanych dawkach, tj. $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowała, iż wykrywano najwyższe poziomy pozostałości substancji równe $0,0012 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ metamitronu i $0,0015 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ chlorydazonu. Redukcja dawek herbicydów do $4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ skutkowała obniżeniem stężenia substancji w próbkach odpowiednio do poziomu $0,0004 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ i $0,0006 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Próbki pochodzące z obiektów, na których stosowano zredukowane dawki preparatów chwastobójczych w mieszaninach ze wspomagaczami zawierały wyższe stężenie metamitronu i chlorydazonu w porównaniu z próbkami pobranymi z obiektów, gdzie aplikowano obniżone o $\frac{1}{3}$ dawki herbicydów, bez adiuwantów. Adiuwant olejowy Atpolan Bio 80 EC wpłynął na wzrost pozostałości metamitronu o 150%, a chlorydazonu o 100%. W tym przypadku poziom wykrytych pozostałości obu substancji nie różnił się istotnie od tego, jaki notowano na obiektach, gdzie stosowano je w pełnych dawkach. Po dodaniu do obniżonych dawek obu herbicydów surfaktanta Trend 90 EC obserwowano wzrost pozostałości tych substancji, przy czym dla chlorydazonu nie był on istotny statystycznie.

4.1.2. Ocena działania i pozostałości herbicydów w uprawie ziemniaka

Doświadczenia polowe prowadzono w roku 2008 w miejscowości Strzelin oraz w latach 2009 i 2010 w miejscowości Turów. Charakterystykę gleb przedstawiono w tabeli 9. W uprawie ziemniaka oceniano skuteczność chwastobójczą i fitotoksyczność: metrybuzyny (preparat handlowy Sencor 70 WG) i propizochloru (preparat handlowy Proponit 720 EC) oraz wpływ tych substancji na plonowanie ziemniaka. Preparaty aplikowano w dawce pełnej, bez adiuwantów, w dawce zredukowanej o 20% i 25% oraz w dawce zredukowanej w mieszaninach z adiuwantami: Actirob 842 EC, Atpolan Bio 80 EC, Backrow, Bas 160 00 S, Break-Thru S 240, Olbras 88 EC, Olejan 85 EC, Trend 90 EC. Zabiegi herbicydowe wykonano każdorazowo w tym samym terminie, po obredleniu ziemniaków (przed wschodem chwastów). W momencie zbioru ziemniaka, pobierano próby gleby i bulw ziemniaka, w celu określenia poziomu pozostałości aplikowanych substancji aktywnych herbicydów. Wyniki oznaczeń pozostałości w bulwach ziemniaków porównywano do wartości NDP (najwyższy dopuszczalny poziom pozostałości), który dla metrybuzyny wynosi $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (ROZPORZĄDZENIE 2007b). Preparat Proponit 720 EC, zawierający w swym składzie substancję aktywną propizochlor został wycofany z obrotu w 2010

roku. Dlatego też za wartość NDP tej substancji przyjąłem 0,01 mg·kg⁻¹, określoną w przepisach dla nie wyszczególnionych kombinacji produkt/pestycyd (ROZPORZĄDZENIE 2005).

4.1.2.1. Doświadczenie: Kościerzycy 2008

Tabela 31. przedstawia wykaz chwastów, które dominowały w uprawie ziemniaka w miejscowości Kościerzycy w 2008 roku.

Tabela 31. Wykaz nazw chwastów: łacińskich, polskich i ich skrótów wg kodów EPP0 oraz liczba chwastów występujących w doświadczeniu

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Skrót	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]
<i>Echinochloa crus-gali</i> L.	chwastnica jednostronna	ECHCG	34
<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	CHEAL	33
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szałat szorstki	AMARE	23
<i>Viola arvensis</i> MURR.	fiołek polny	VIOAR	14
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	rdest powojowy	POLCO	12
<i>Veronica persica</i> POIR.	przetacznik perski	VERPE	12

4.1.2.1.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metrybuzyny

Metrybuzyna aplikowana w standardowej dawce (1 kg·ha⁻¹) wykazywała dobrą skuteczność chwastobójczą w granicach 86–90% wobec szarłata szorstkiego, komosy białej i fiołka polnego oraz średnią skuteczność (od 75 do 82%) wobec chwastów takich jak: chwastnica jednostronna, przetacznik perski i rdest powojowy. Zredukowanie dawki metrybuzyny o ¼ skutkowało spadkiem efektywności działania tej substancji wobec ocenianych gatunków, które zostały zniszczone w granicach 70–83%. Dodatek do obniżonej dawki herbicydu adiuwanta Olbras 88 EC wpłynął na poprawę chwastobójczego działania substancji o 6–12%. Takiego oddziaływania nie zaobserwowano w wyniku łącznej aplikacji herbicydu ze wspomagaczem Break-Thru S 240. Mimo wzrostu skuteczności o ok. 2–8%, oceniane gatunki były średnio wrażliwe na działanie herbicydu, a rdest powojowy był zwalczany w 72% (tab. 32).

Tabela 32. Wpływ metrybuzyny stosowanej w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon bulw ziemniaka

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]						Plon [t·ha ⁻¹]
		ECHCG	AMARE	VIOAR	CHEAL	VERPE	POLCO	
KONTROLA	–	* 34	* 23	* 14	* 33	* 12	* 12	28,1 a**
SENCOR 70 WG	1 kg	82	86	90	86	80	75	37,1 b
SENCOR 70 WG	0,75 kg	74	75	83	78	72	70	34,6 c
SENCOR 70 WG + ACTIROB 842 EC	0,75 kg 1,5 l	80	85	90	85	84	83	37,2 b
SENCOR 70 WG + TREND 90 EC	0,75 kg 0,3 l	82	84	87	84	80	72	36,8 b
							NIR 0,05	1,84

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Na wszystkich obiektach doświadczalnych odnotowano statystycznie istotny wzrost plonu bulw ziemniaka w porównaniu z obiektem kontrolnym (nie opryskiwanym). Najmniejszy plon zebrano z obiektu, gdzie stosowano metrybuzynę bez adiuwantów, w dawce obniżonej o 25% (ok. 35,5 t·ha⁻¹). Zwiększenie dawki metrybuzyny do standardowej pozwoliło uzyskać istotnie wyższy plon bulw (ok. 37 t·ha⁻¹). Mimo, iż łączna aplikacja metrybuzyny z adiuwantem Trend 90 EC nie zapewniła ograniczenia występowania wszystkich chwastów na pożądanym poziomie, analiza statystyczna nie wykazała istotnego różnicowania w plonowaniu po zastosowaniu mieszanin metrybuzyny ze wspomagaczem Actirob 842 EC oraz zastosowaniem pełnej dawki tej substancji aktywnej bez adiuwanta (tab. 32).

W doświadczeniu nie obserwowano uszkodzeń roślin ziemniaka, powodowanych przez herbicydy stosowane zarówno w dawkach pełnych, jak i obniżonych oraz z dodatkiem adiuwantów.

4.1.2.1.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność propizochloru

Po zastosowaniu pełnej dawki propizochloru (2,5 l·ha⁻¹) występowanie chwastnicy jednostronnej, fiołka polnego, komosy białej i przetacznika perskiego zostało ograniczone w 86%. Słabiej zwalczane, w granicach 82–83% były szarłat szorstki i rdest powojowy. Po obniżeniu dawki propizochloru do 2 l·ha⁻¹ obserwowano spadek skuteczności chwastobójczej, gdyż oceniane gatunki wykazywały średnią wrażliwość na działanie herbicydu. Zniszczenie wahało się w granicach od 72 do 78%.

Poprawę efektywności działania odnotowano po dodaniu do zredukowanej o $\frac{1}{5}$ dawki propizochloru adiuwanta Olbras 88 EC. Zwalczanie chwastów tą mieszaniną pozwalało ograniczyć występowanie gatunków na poziomie, jaki uzyskiwano aplikując herbicyd w dawce standardowej. Gorsze rezultaty odnotowano stosując propizochlor z adiuwantem Break-Thru S 240. Tylko chwastnica jednostronna okazała się wrażliwa na działanie tej mieszaniny i została ograniczona w 86%, natomiast pozostałe chwasty były niszczone na poziomie 78–84% (tab. 33).

Tabela 33. Wpływ propizochloru stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon bulw ziemniaka

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]						Plon [t·ha ⁻¹]
		ECHCG	AMARE	VIOAR	CHEAL	VERPE	POLCO	
KONTROLA	–	* 34	* 23	* 14	* 33	* 12	* 12	28,1 a**
PROPONIT 720 EC	2,5 l	86	82	86	86	86	83	38,2 b
PROPONIT 720 EC	2 l	78	74	75	77	75	72	35,1 c
PROPONIT 720 EC + OLBRAS 88 EC	2 l 1,5 l	90	83	87	87	85	83	38,0 b
PROPONIT 720 EC + BREAK-THRU S 240	2 l 0,3 l	85	80	84	82	82	78	37,8 b
							NIR 0,05	1,84

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

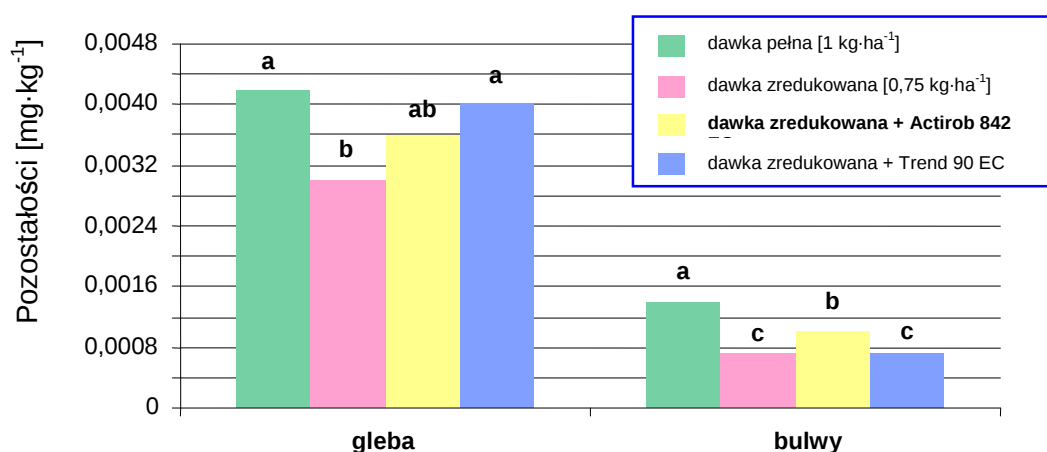
W przypadku wszystkich kombinacji herbicydowych notowano statystycznie istotny wzrost plonu bulw ziemniaka w porównaniu z obiektem kontrolnym (nie opryskanym). Najniższy plon bulw (ok. 35 t·ha⁻¹) uzyskano po aplikowaniu obniżonej o 20% dawki propizochloru, bez dodatku wspomagaczy. Na obiektach odchwaszczanych zredukowaną o 20% dawką propizochloru, dzięki dodaniu wspomagaczy Olbras 88 EC lub Break-Thru S 240 obserwowano korzystny wpływ adiuwantów na wielkość plonu bulw ziemniaka. Uzyskano plony bulw w granicach 38 t·ha⁻¹, co jest wielkością zbliżoną do plonu, jaki zebrano z obiektu, na którym stosowano pełną, zalecaną dawkę substancji (tab. 33).

Nie odnotowano uszkodzeń roślin ziemniaka, w związku ze stosowaniem badanych kombinacji herbicydowych.

4.1.2.1.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów

Pozostałości w bulwach ziemniaka

Pozostałości metrybuzyny i propizochloru wykryto we wszystkich próbkach bulw ziemniaka, niezależnie od zastosowanej dawki substancji i techniki aplikacji (rys. 21 i 22). W żadnej z próbek nie przekroczyły one wartości dopuszczalnych, określonych w normach (ROZPORZĄDZENIE 2007b).

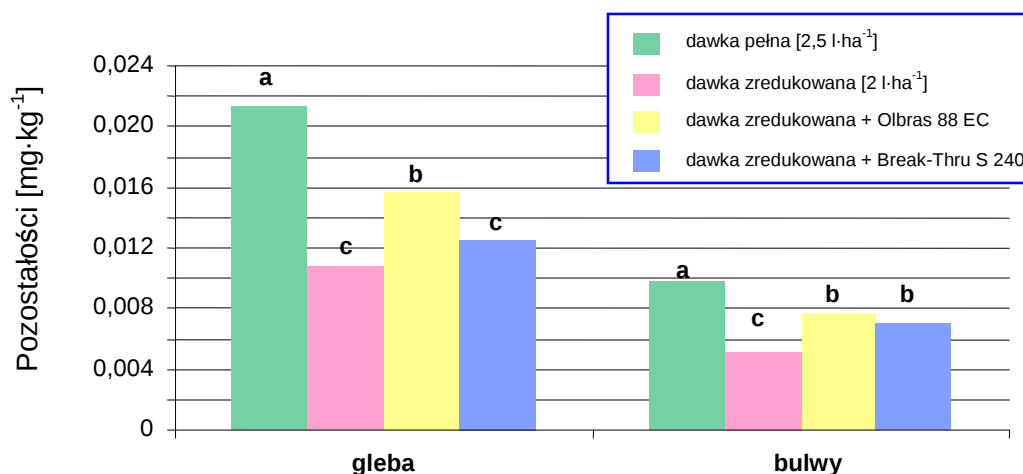


*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 21. Pozostałości metrybuzyny w glebie i w bulwach ziemniaka

Najwyższe stężenie substancji (statystycznie istotne) wykryto w próbkach pochodzących z obiektów, gdzie aplikowano najwyższą dawkę herbicydów, bez adiuwantów. Wynosiły one 0,0014 mg·kg⁻¹ dla metrybuzyny i 0,0009 mg·kg⁻¹ dla propizochloru. Wyraźny spadek pozostałości odpowiednio do 0,0007 mg·kg⁻¹ oraz do 0,0005 mg·kg⁻¹ obserwowano, gdy zredukowano dawkę herbicydów. Gdy do obniżonych dawek preparatów dodano adiuwanty: Actirob 842 EC lub Olbras 88 EC obserwowano istotny wzrost stężenia obu substancji w bulwach ziemniaka do poziomu odpowiednio: 0,0010 mg·kg⁻¹ dla metrybuzyny oraz 0,0007 mg·kg⁻¹ dla propizochloru. Podobną zależność notowano, gdy zredukowaną dawkę propizochloru aplikowano łącznie z surfaktantem Break-Thru 240 S (wzrost pozostałości tej substancji do poziomu 0,0007 mg·kg⁻¹). Żadnego wpływu na poziom pozostałości metrybuzyny nie stwierdzono w wyniku dodania do obniżonej dawki tej substancji surfaktanta Trend 90 EC. W tym przypadku stężenie metrybuzyny wynosiło 0,0007 mg·kg⁻¹ i było

takie same, jak w bulwach ziemniaka pochodzących z obiektów, gdzie stosowano zredukowaną dawkę herbicydu, bez wspomagaczy. Analiza statystyczna wykazała, iż poziom pozostałości metrybuzyny i propizochloru aplikowanych w dawkach obniżonych o $\frac{1}{4}$ i $\frac{1}{5}$ w mieszaninie z adiuwantami był istotnie mniejszy od ich stężenia, jakie wykryto w próbkach bulw pobranych z obiektów potraktowanych pełną, zalecaną dawką herbicydów, bez adiuwantów.



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 22. Pozostałości propizochloru w glebie i w bulwach ziemniaka

Pozostałości w glebie

Obecność pozostałości metrybuzyny i propizochloru stwierdzono we wszystkich próbkach gleby pobranych w momencie zbioru ziemniaka (ok. 18 tygodni po aplikacji herbicydów) (rys. 21 i 22). Ich stężenie wahało się w granicach 0,0030–0,0042 mg·kg⁻¹ metrybuzyny oraz 0,0108–0,0214 mg·kg⁻¹ propizochloru. Najwyższe pozostałości wykryto w próbkach pochodzących z obiektów, gdzie stosowano herbicydy w pełnej, zalecanej dawce. Po jej obniżeniu o $\frac{1}{4}$ w przypadku metrybuzyny oraz o $\frac{1}{5}$ w przypadku propizochloru stwierdzono istotny statystycznie spadek pozostałości substancji odpowiednio do poziomu 0,0030 mg·kg⁻¹ (spadek o 28,5%) oraz do 0,0108 mg·kg⁻¹ (spadek o 49,5%). Aplikacja zredukowanych dawek herbicydów z adiuwantami spowodowała wzrost stężenia obu substancji w glebie. W przypadku metrybuzyny poziom pozostałości wynosił 0,0036 mg·kg⁻¹ po dodaniu adiuwanta olejowego Actirob 842 EC oraz 0,0040 mg·kg⁻¹ po dodaniu

surfaktanta Trend 90 EC i nie różnił się istotnie od tego, jaki wykryto w próbkach pochodzących z poletek, na których herbicyd aplikowano w pełnej dawce. Dodatek surfaktanta Break-Thru S 240 do zredukowanej dawki propizochloru wpłynął na wzrost poziomu pozostałości tej substancji, jednak nie był on istotny statystycznie. Zwiększony istotnie poziom pozostałości propizochloru (o ok. 45%) odnotowano po jego łącznej aplikacji z adiuwantem olejowym Olbras 88 EC. Mimo tego stężenie tej substancji było wyraźnie mniejsze niż wówczas, kiedy stosowano herbicyd w dawce standardowej, tj. $2,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$.

4.1.2.2. Doświadczenie: Turów 2009

W miejscowości Turów w roku 2009 chwastami powszechnie występującymi w uprawie ziemniaka były: chwastnica jednostronna, rdest plamisty, przytulia czepna, komosa biała, szarłat szorstki, fiołek polny, tobołki polne i rdest powojowy (tab. 34).

Tabela 34. Wykaz nazw chwastów: łacińskich, polskich i ich skrótów wg kodów EPPO oraz liczba chwastów występujących w doświadczeniu

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Skrót	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]
<i>Echinochloa crus-gali</i> L.	chwastnica jednostronna	ECHCG	12
<i>Polygonum persicaria</i> L.	rdest plamisty	POLPE	23
<i>Galium aparine</i> L.	przytulia czepna	GALAP	21
<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	CHEAL	15
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szarłat szorstki	AMARE	15
<i>Viola arvensis</i> MURR.	fiołek polny	VIOAR	13
<i>Thlaspi arvense</i> L.	tobołki polne	THLAR	12
<i>Polygonum convolvulus</i> L.	rdest powojowy	POLCO	10

4.1.2.2.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metrybuzyny

Aplikacja metrybuzyny w formie preparatu Sencor 70 WG w pełnej dawce ($1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) bez dodatku adiuwantów pozwoliła na zwalczenie 86–88% szarłatu szorstkiego, fiołka polnego, komosy białej i tobołków polnych oraz 70–75% chwastnicy jednostronnej oraz rdestów plamistego i powojowego. Na taką ochronę herbicydową okazała się odporna przytulia czepna. Podobną skuteczność wobec tych samych gatunków obserwowano po zastosowaniu metrybuzyny w dawce zredukowanej o 25%

z dodatkiem adiuwanta Olejan 85 EC. Podobnie działała obniżona dawka metrybuzyny z adiuwantem Break-Thru S 240. Jeszcze większy spadek skuteczności obserwowano po zredukowaniu dawki metrybuzyny do $0,75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, bez dodatku wspomagaczy. Szarłat szorstki, fiołek polny, komosa biała i tobołki polne były zwalczane w 70–76%, a pozostałe gatunki w 63–66% (tab. 35).

Tabela 35. Wpływ metrybuzyny stosowanej w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon bulw ziemniaka

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]								Plon [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]
		ECHCG	AMARE	VIOAR	CHEAL	POLPE	POLCO	THLAR	GALAP	
KONTROLA	–	* 12	* 15	* 13	* 15	* 23	* 10	* 12	* 21	26,7 a**
SENCOR 70 WG	1 kg	75	87	87	86	70	75	88	68	33,5 b
SENCOR 70 WG	0,75 kg	65	72	70	74	65	66	76	63	28,4 a
SENCOR 70 WG + OLEJAN 85 EC	0,75 kg 1,5 l	74	85	86	85	78	75	85	72	31,9 b
SENCOR 70 WG + BREAK-THRU S 240	0,75 kg 0,3 l	72	86	85	83	72	72	87	68	32,8 b
NIR 0,05										2,71

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m^2

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Plony bulw ziemniaka po zastosowaniu w/w dawek metrybuzyny i jej kombinacji z adiuwantami wynosiły: $28,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ dla dawki obniżonej o $\frac{1}{4}$, bez dodatku adiuwanta oraz $32\text{--}33,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ dla dawki pełnej oraz dawki zredukowanej, ale z dodatkiem adiuwanta Olejan 85 EC lub Break-Thru S 240 (tab. 35).

Nie obserwowano uszkodzeń roślin ziemniaka na żadnym z obiektów opryskiwanym herbicydem i jego mieszaniną z adiuwantami.

4.1.2.2.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność propizochloru

Propizochlor stosowany w pełnej dawce, tj. $2,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie zapewnił efektywnego zniszczenia gatunków chwastów występujących w doświadczeniu. Większość gatunków wykazywała średnią wrażliwość (na poziomie od 75 do 84%) na działanie tej substancji. Najtrudniejszymi do zwalczania okazały się rdest powojowy

i przytulia czepna. Ich występowanie zostało ograniczone odpowiednio w 70% i 65%. Aplikacja propizochloru w pomniejszonej o $\frac{1}{5}$ dawce skutkowała wyraźnym spadkiem efektywności chwastobójczej do 62–72% wobec prawie wszystkich ocenianych gatunków oraz do 50% w przypadku przytuli czepnej. Dodatek adiuwantów Atpolan Bio 80 EC lub Bas 160 00 S do zredukowanej dawki herbicydu poprawił skuteczność chwastobójczą wobec wszystkich gatunków, do poziomu, jaki notowano w przypadku aplikacji propizochloru w dawce standardowej. Mimo to były one średnio wrażliwe na działanie tej substancji (tab. 36).

Tabela 36. Wpływ propizochloru stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon bulw ziemniaka

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]								Plon [t·ha ⁻¹]
		ECHCG	AMARE	VIOAR	CHEAL	POLPE	POLCO	THLAR	GALAP	
KONTROLA	—	* 12	* 15	* 13	* 15	* 23	* 10	* 12	* 21	26,7 a**
PROPONIT 720 EC	2,5 l	83	75	84	75	75	70	75	65	34,3 b
PROPONIT 720 EC	2 l	70	65	72	64	68	62	68	50	29,6 c
PROPONIT 720 EC + ATPOLAN BIO 80 EC	2 l 1,5 l	80	76	80	78	72	72	76	65	33,9 b
PROPONIT 720 EC + BAS 160 00 S	2 l 0,3 l	82	78	85	70	75	68	77	65	34,2 b
NIR 0,05										2,71

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

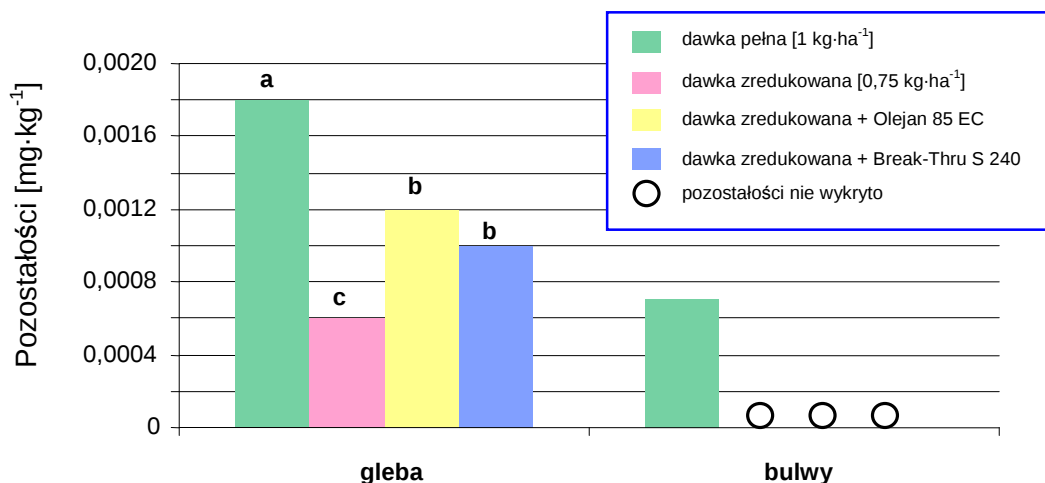
Plony bulw ziemniaka z obiektów, na których stosowano zredukowaną o 20% dawkę propizochloru w mieszaninach z adiuwantami był porównywalny do plonu bulw, uzyskanego po aplikacji standardowej dawki tej substancji, bez dodatku wspomagaczy (ok. 34 t·ha⁻¹). Istotnie niższe plony (o ok. 4 t·ha⁻¹) zebrano z obiektów, gdzie zastosowano obniżoną do 2 l·ha⁻¹ dawkę herbicydu, bez dodatku adiuwantów. Najmniejszy plon odnotowano na poletku kontrolnym (nie opryskiwanym); (tab. 36).

Stosowanie propizochloru w dawce pełnej, obniżonej oraz obniżonej w mieszaninach z adiuwantami, nie wpływało fitotoksycznie na rośliny ziemniaka.

4.1.2.2.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów

Pozostałości w bulwach ziemniaka

Próbki bulw ziemniaka pobrano w momencie zbioru rośliny uprawnej (ok. 18 tygodni po wykonaniu zabiegu herbicydowego). Obecność pozostałości propizochloru stwierdzono we wszystkich badanych próbkach (rys. 24).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

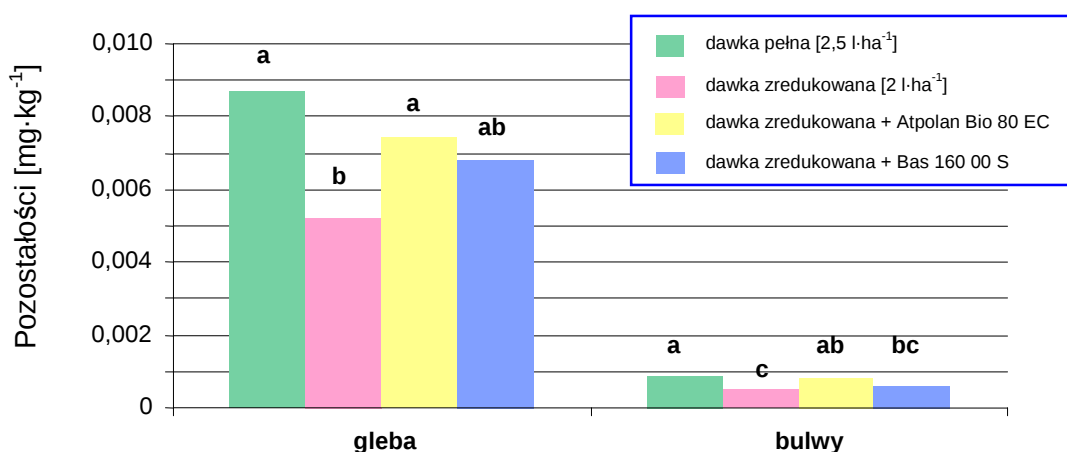
Rys. 23. Pozostałości metribuzyny w glebie i w bulwach ziemniaka

Najniższe pozostałości propizochloru, rzędu 0,0005–0,0006 mg·kg⁻¹, wykryto w próbkach, gdzie aplikowano herbicyd w obniżonej o 20% dawce, bez adiuwantów oraz w dawce zredukowanej w mieszaninie z surfaktantem Bas 160 00 S. Najwyższe pozostałości tej substancji (0,0009 mg·kg⁻¹), gdy zastosowano propizochlor w pełnej, rekomendowanej dawce, tj. 2,5 l·ha⁻¹. Mniejsze stężenie tej substancji (różnica nieistotna statystycznie) wykryto na obiektach, gdzie obniżoną dawkę herbicydu aplikowano łącznie z adiuwantem olejowym Atpolan Bio 80 EC. Wynosiło ono 0,0008 mg·kg⁻¹. Poziom pozostałości tego rzędu (10⁻⁴ mg·kg⁻¹) jest wartością 100 razy mniejszą od najwyższych dopuszczalnych pozostałości (NDP), określonych w normach (ROZPORZĄDZENIE 2005). Pozostałości metribuzyny, na poziomie 0,0007 mg·kg⁻¹ wykryto w próbkach, pobranych z poletek, gdzie aplikowano standardową dawkę herbicydu, tj. 1kg·ha⁻¹ (rys. 23). Jest to poziom pozostałości na granicy wykrywalności stosowanych metod analitycznych. W pozostałych próbkach bulw ziemniaka,

pochodzących z obiektów, na których stosowano zredukowaną o $\frac{1}{4}$ dawkę herbicydu, zarówno w mieszaninach z adiuwantami, jak i bez wspomagaczy, nie stwierdzono pozostałości metrybuzyny (poniżej progu wykrywalności).

Pozostałości w glebie

W glebie, w chwili zbioru ziemniaka stwierdzono pozostałości substancji aktywnych obu preparatów chwastobójczych (rys. 23 i 24).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 24. Pozostałości propizochloru w glebie i w bulwach ziemniaka

Przy zastosowaniu standardowych dawek herbicydów wykryto najwyższe stężenia metrybuzyny i propizochloru wynoszące odpowiednio 0,0018 mg·kg⁻¹ i 0,0087 mg·kg⁻¹. Zredukowanie dawek substancji o $\frac{1}{4}$ i $\frac{1}{5}$ skutkowało spadkiem poziomu pozostałości (różnice istotne statystycznie) o ok. 67% dla metrybuzyny (do poziomu 0,0006 mg·kg⁻¹) oraz ok. 40% dla propizochloru (do poziomu 0,0052 mg·kg⁻¹). Zastosowanie obu substancji w dawkach obniżonych w mieszaninach z adiuwantami wpłynęło na wzrost ich stężenia w glebie. Poziom pozostałości metrybuzyny po jej aplikacji z adiuwantem olejowym Olejan 85 EC lub surfaktantem Break-Thru S 240 wynosił odpowiednio: 0,0012 mg·kg⁻¹ oraz 0,0010 mg·kg⁻¹. Był on istotnie mniejszy niż stężenie tej substancji, jakie notowano, kiedy stosowano ją w pełnej dawce, bez wspomagaczy. Po dodaniu do obniżonej dawki propizochloru adiuwantów Atpolan Bio 80 EC lub Bas 160 00 S stwierdzono wzrost pozostałości tej substancji odpowiednio do poziomu 0,0074 mg·kg⁻¹ i 0,0068 mg·kg⁻¹. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic między tymi

poziomami pozostałości, a wartością, jaką odnotowano, kiedy aplikowano herbicyd w rekomendowanej dawce, tj. $2,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, bez dodatku adiuwantów. Istotnych statystycznie różnic nie stwierdzono również między poziomem pozostałości propizochloru po zastosowaniu go w zredukowanej o 20% dawce, bez adiuwantów a poziomem pozostałości, jaki wykryto w próbkach pobranych z obiektów, gdzie do obniżonej dawki herbicydu dodano surfaktant Bas 160 00 S.

4.1.2.3. Doświadczenie: Turów 2010

W tabeli 37. przedstawiono wykaz gatunków chwastów, które najliczniej pojawiły się w uprawie ziemniaka w miejscowości Turów w 2010 roku.

Tabela 37. Wykaz nazw chwastów: łacińskich, polskich i ich skrótów wg kodów EPPO oraz liczba chwastów występujących w doświadczeniu

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Skrót	Liczba chwastów [szt·m ⁻²]
<i>Echinochloa crus-gali</i> L.	chwastnica jednostronna	ECHCG	30
<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	CHEAL	12
<i>Polygonum persicaria</i> L.	rdest plamisty	POLPE	6
<i>Stellaria media</i> (L.)VILL.	gwiazdnica pospolita	STEME	6
<i>Viola arvensis</i> MURR.	fiołek polny	VIOAR	5
<i>Veronica persica</i> POIR.	przetacznik perski	VERPE	5
<i>Thlaspi arvense</i> L.	tobołki polne	THLAR	5

4.1.2.3.1. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność metrybuzyny

Stwierdzono dużą wrażliwość (w granicach 94–98%) większości gatunków chwastów po zastosowaniu metrybuzyny w dawce pełnej, tj. $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jedynie występowanie rdestu plamistego zostało ograniczone w stopniu średnim (84%). Zredukowanie dawki metrybuzyny do $0,75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało niewielki spadek skuteczności o 4–9% wobec wszystkich gatunków. Rdest plamisty był niszczone na poziomie 75%. Dodatek do obniżonej dawki metrybuzyny adiuwantów wpłynął na lekką poprawę efektu chwastobójczego, dzięki czemu uzyskano poziom zwalczania chwastów porównywalny do poziomu, jaki obserwowano po aplikacji standardowej dawki metrybuzyny, bez wspomagaczy (tab. 38).

Tabela 38. Wpływ metrybuzyny stosowanej w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon bulw ziemniaka

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]							Plon [t·ha ⁻¹]
		ECHG	VIOAR	CHEAL	POLPE	VERPE	THLAR	STEME	
KONTROLA	—	* 30	* 5	* 12	* 6	* 5	* 5	* 6	2,6 a**
SENCOR 70 WG	1 kg	96	95	97	84	98	94	98	9,8 b
SENCOR 70 WG	0,75 kg	92	88	90	75	90	85	92	8,7 c
SENCOR 70 WG + BACKROW	0,75 kg 0,3 l	96	92	94	80	96	90	90	9,5 b
SENCOR 70 WG + ACTIROB 842 EC	0,75 kg 1 l	94	95	92	82	94	93	95	9,7 b
SENCOR 70 WG + TREND 90 EC	0,75 kg 0,3 l	98	90	98	78	97	89	97	9,4 b
NIR 0,05									0,98

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

W roku 2010, po bardzo obfitych opadach deszczu w trakcie sezonu wegetacyjnego, uzyskano bardzo niskie plony bulw ziemniaka. Najniższy plon bulw stwierdzono na obiekcie kontrolnym, na którym nie przeprowadzono żadnego zabiegu herbicydowego. Wynosił on tylko 2,6 t·ha⁻¹. Metrybuzyna zastosowana w dawce zalecanej oraz zredukowanej z dodatkiem badanych adiuwantów, zapewniła uzyskanie plonu, w granicach 9–10 t·ha⁻¹. Niższy statystycznie plon zebrano z poletek, na których aplikowano obniżoną o 20% dawkę propizochloru (tab. 38).

Stosowanie metrybuzyny w dawce pełnej, zredukowanej oraz zredukowanej łącznie z adiuwantami, nie powodowało żadnych uszkodzeń roślin ziemniaka.

4.1.2.3.2. Wpływ adiuwantów na biologiczną aktywność propizochloru

Najbardziej wrażliwymi chwastami na działanie propizochloru, niezależnie od zastosowanej dawki i dodatku adiuwantów były: chwastnica jednostronna, przetacznik perski oraz gwiazdnica pospolita. Występowanie tych gatunków zostało ograniczone o odpowiednio: 90–99%, 84–97% oraz 84–92%. W przypadku pozostałych chwastów najwyższą skuteczność w ich redukcji, w granicach 70–80%, obserwowano

po aplikowaniu zalecanej dawki propizochloru (tj. 2,5 l·ha⁻¹). Zredukowanie dawki substancji do 2 l·ha⁻¹ spowodowało wyraźny spadek efektu chwastobójczego do poziomu 70% w przypadku fiołka polnego oraz w granicach 55–64% wobec komosy białej, tobołków polnych i rdestu plamistego. Dodatek adiuwantów do obniżonej dawki propizochloru sprawił, iż zwalczanie chwastów osiągnęło poziom porównywalny do tego, jaki obserwowano, kiedy stosowano standardową dawkę herbicydu, bez dodatku wspomagaczy. Najkorzystniejszy wpływ na poprawę skuteczności chwastobójczej miał surfaktant Trend 90 EC, (wzrost o 10–17%) wobec wszystkich gatunków. Adiuwant Actirob 842 EC zwiększył skuteczność o 8–15%. Na ograniczenie zachwaszczenia w najmniejszym stopniu wpłynął dodatek wspomagacza Backrow, poprawiając efektywność działania propizochloru o 4–13% (tab. 39).

Tabela 39. Wpływ propizochloru stosowanego w dawce pełnej, zredukowanej i łącznie z adiuwantami na zniszczenie chwastów oraz plon bulw ziemniaka

Obiekt	Dawka na ha	Zniszczenie chwastów [%]							Plon [t·ha ⁻¹]
		ECHG	VIOAR	CHEAL	POLPE	VERPE	THLAR	STEME	
KONTROLA	–	* 30	* 5	* 12	* 6	* 5	* 5	* 6	2,6 a**
PROPONIT 720 EC	2,5 l	98	80	75	70	95	74	92	7,3 b
PROPONIT 720 EC	2 l	90	70	64	55	84	55	84	5,8 c
PROPONIT 720 EC + BACKROW	2 l 0,3 l	99	76	70	65	93	68	90	7,4 b
PROPONIT 720 EC + ACTIROB 842 EC	2 l 1 l	99	78	72	70	93	65	86	7,0 b
PROPONIT 720 EC + TREND 90 EC	2 l 0,3 l	97	80	75	70	97	72	88	6,8 b
NIR 0,05									0,98

*) – dla kontroli podano liczbę chwastów na m²

**) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Ze względu na niekorzystne warunki pogodowe, panujące w trakcie sezonu wegetacyjnego, zebrano bardzo niskie plony bulw ziemniaka. Na wszystkich obiektach doświadczalnych odnotowano statystycznie istotny wzrost plonu bulw ziemniaka w porównaniu z obiektem kontrolnym (nie opryskiwanym). Biorąc pod uwagę poszczególne kombinacje herbicydów, największy plon bulw, odpowiednio w granicach 6,8–7,3 t·ha⁻¹ zebrano z poletek, na których aplikowano propizochlor

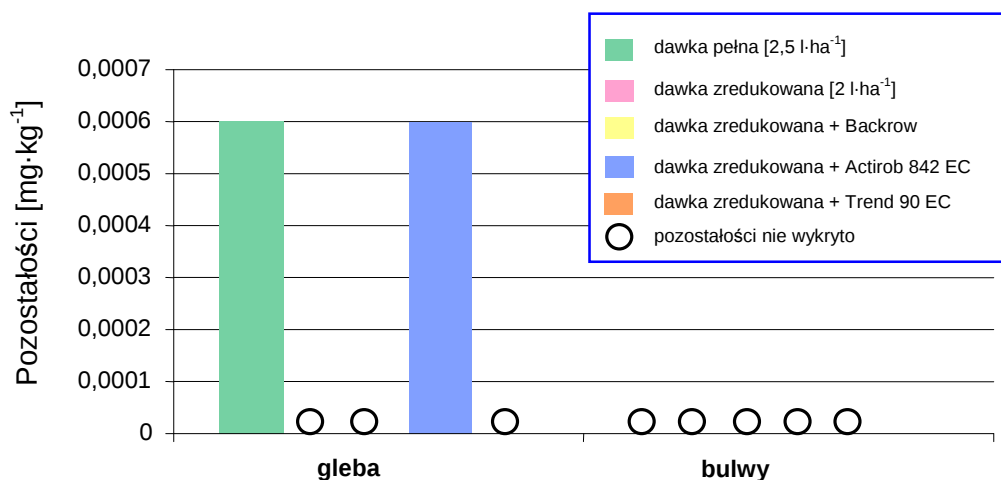
w dawce pełnej, bez dodatku adiuwantów oraz dawce zredukowanej, zastosowanej łącznie z adiuwantem. Analiza statystyczna nie wykazała istotnego zróżnicowania w plonowaniu pomiędzy tymi obiektami. Istotny statystycznie spadek plonu, o ok. 1–1,6 t·ha⁻¹ odnotowano na obiekcie, gdzie aplikowano propizochlor w dawce obniżonej do 2 l·ha⁻¹, bez dodatku adiuwantów (tab. 39).

Nie obserwowano uszkodzeń roślin ziemniaka, w związku ze stosowaniem badanych kombinacji herbicydowych.

4.1.2.3.3. Pozostałości substancji aktywnych herbicydów

Pozostałości w bulwach ziemniaka

W momencie zbioru rośliny uprawnej (ok. 16 tygodni po zastosowaniu herbicydów) zostały pobrane próbki bulw ziemniaka. W żadnej z badanych próbek bulw ziemniaka nie stwierdzono pozostałości metrybuzyny (poniżej progu oznaczalności metody analitycznej); (rys. 25).



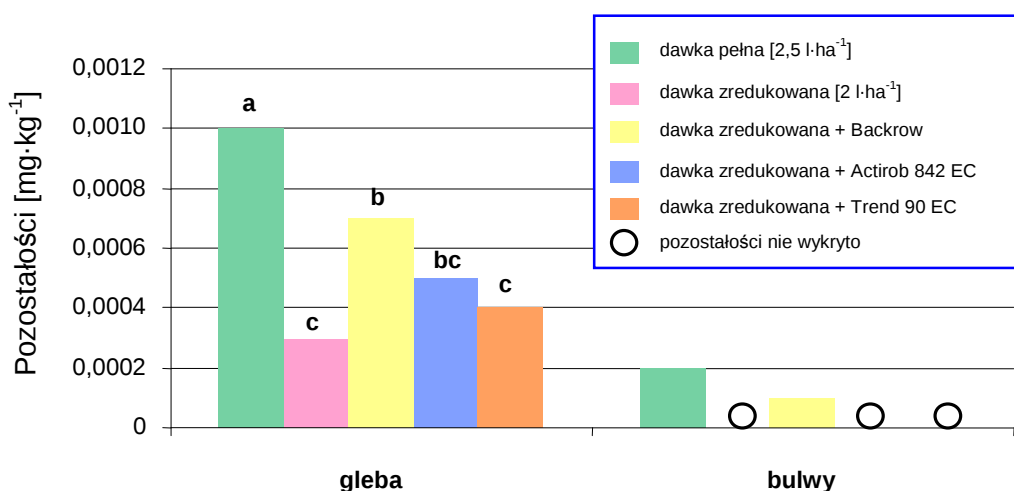
Rys. 25. Pozostałości metrybuzyny w glebie i w bulwach ziemniaka

Najwyższe stężenie propizochloru wykryto w próbkach, pochodzących z polettek, gdzie stosowano pełną dawkę herbicydu, bez adiuwantów. Wynosiło ono 0,0002 mg·kg⁻¹. Obniżenie dawki herbicydu o 20% (do 2 l·ha⁻¹) spowodowało, iż w próbkach bulw ziemniaka nie wykryto pozostałości tej substancji (rys. 26). Po dodaniu do zredukowanej dawki propizochloru adiuwanta wieloskładnikowego Backrow wykryto pozostałości substancji na poziomie 0,0001 mg·kg⁻¹. Takie stężenie substancji aktywnej

jest wartością na granicy wykrywalności stosowanej metody analitycznej. Pozostałe próbki, pobrane z poletok, gdzie aplikowano zredukowaną dawkę herbicydu w mieszaninach z pozostałymi adiuwantami nie zawierały pozostałości propizochloru (poniżej progu wykrywalności).

Pozostałości w glebie

Wszystkie analizowane próbki gleby, pobrane w chwili zbioru ziemniaka zawierały pozostałości propizochloru w granicach od 0,0003 do 0,0010 mg·kg⁻¹ (rys. 26).



*) – wartości oznaczone tą samą literką nie różnią się istotnie statystycznie

Rys. 26. Pozostałości propizochloru w glebie i w bulwach ziemniaka

Stężenie metrybuzyny na granicy wykrywalności (czyli 0,0006 mg·kg⁻¹) stwierdzono w próbkach, pochodzących z obiektów, gdzie stosowano rekomendowaną dawkę herbicydu (tj. 1 kg·ha⁻¹) bez adiuwantów oraz w dawce zredukowanej o ¼ łącznie ze wspomagaczem Actirob 842 EC (rys. 25). W przypadku aplikacji zredukowanej do 0,75 kg·ha⁻¹ dawki herbicydu, bez dodatku wspomagaczy, jak i dawki zredukowanej w mieszaninie z adiuwantami Backrow lub Trend 90 EC, w pobranych próbkach gleby nie wykryto pozostałości metrybuzyny (poniżej progu wykrywalności). Zastosowanie propizochloru w dawce pełnej (2,5 l·ha⁻¹), bez adiuwantów spowodowała, iż pobrane do analizy próbki zawierały najwyższe stężenie tej substancji. Najniższe stężenie stwierdzono w próbkach, gdzie dawkę herbicydu obniżono o 20%. Po dodaniu do

zredukowanej dawki herbicydu adiuwantów Actirob 842 EC lub Trend 90 EC nie odnotowano istotnego wzrostu pozostałości propizochloru w glebie, który wynosił odpowiednio 0,0005 i 0,0004 mg·kg⁻¹. Istotny statystycznie wzrost pozostałości propizochloru, do poziomu 0,0007 mg·kg⁻¹ stwierdzono, gdy do obniżonej dawki herbicydu dodano adiuwant wieloskładnikowy Backrow. Mimo tego stężenie propizochloru w tym przypadku było mniejsze (różnica istotna statystycznie) niż w próbkach, w których wykryto najwyższy poziom pozostałości tej substancji.

3.6. Doświadczenia modelowe (laboratoryjne)

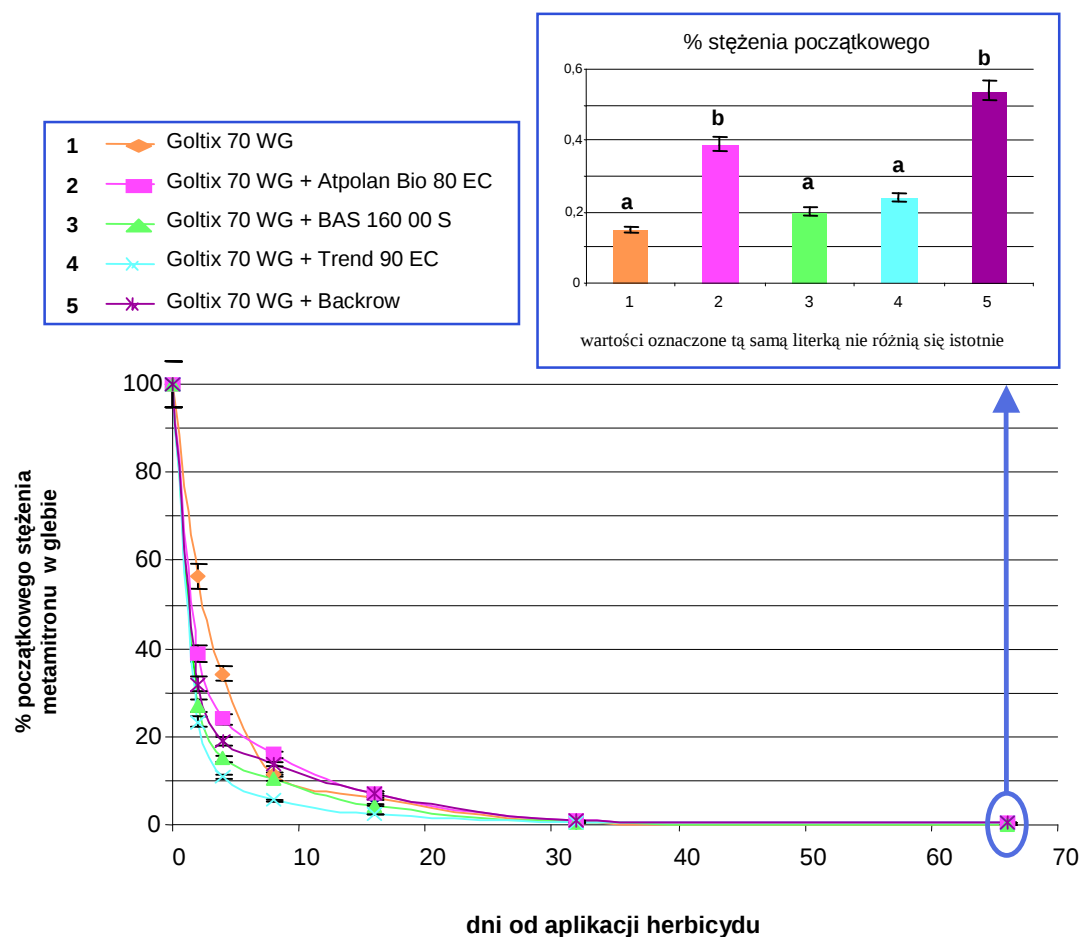
Doświadczenia modelowe wykonano w celu określenia wpływu dodatku adiuwantów na szybkość rozkładu i przemieszczanie w glebie metamitronu (preparat handlowy Goltix 70 WG) oraz metrybuzyny (preparat handlowy Sencor 70 WG). Doświadczenia prowadzono w komorze klimatycznej, w kontrolowanych warunkach temperatury, wilgotności powietrza i natężenia oświetlenia w ustalonym cyklu dobowym (tab. 13). Preparaty aplikowano wg schematu przedstawionego w tabeli 12 (rozdz. 3.2.2.).

4.2.1. Wpływ dodatku adiuwanta na dynamikę rozkładu herbicydu w glebie

Doniczki napełnione glebą opryskano ilością roztworu herbicydów, odpowiadającą dawkom stosowanym w warunkach polowych (3 kg·ha⁻¹ preparatu Goltix 70 WG lub 1 kg·ha⁻¹ preparatu Sencor 70 WG), bez adiuwantów oraz z adiuwantami (Atpolan Bio 80 EC, Backrow, Bas 160 00 S i Trend 90 EC). Doświadczenia prowadzono zgodnie z opisem przedstawionym w rozdziale 3.2.3. Dynamikę rozkładu metamitronu i metrybuzyny w glebie wykreślono na podstawie oznaczenia stężenia tych substancji w próbkach glebowych, pobranych w przyjętych odstępach czasu. W celu określenia wpływu badanych adiuwantów na szybkość zanikania obu substancji i ich poziom pozostałości w glebie wykorzystano klasyczny model matematyczny – reakcję kinetyki pierwszego rzędu, SFO (ang. Simple First Order). Ocenę istotności wpływu analizowanych wspomagaczy na badany proces testowano wykorzystując test Tukey’a.

4.2.1.1. Dynamika rozkładu metamitronu w glebie

Stężenie początkowe metamitronu (w próbkach pobranych 2 godziny po aplikacji herbicydu) wynosiło średnio $3,2068 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Jak przedstawia rysunek 27. degradacja metamitronu zachodziła w dwóch różniących się pod względem szybkości etapach.



Rys. 27. Wpływ adiuwantów na dynamikę rozkładu metamitronu

W pierwszym etapie (do 4 dnia prowadzenia doświadczenia) rozkład badanej substancji przebiegał bardzo dynamicznie, po czym obserwowano wyraźne jego spowolnienie. W tym przypadku zastosowany w badaniu model matematyczny w niepełnym stopniu opisywał proces zanikania metamitronu w glebie, szczególnie w początkowym etapie doświadczenia, a obliczone czasy połowicznego rozkładu (DT_{50}) substancji, na podstawie równań opisujących krzywe degradacji, bardzo różniły się od tych wyznaczonych graficznie. Dlatego też w celu dobrego dopasowania danych eksperymentalnych do modelu i dzięki temu możliwości wyznaczenia czasu

połowicznego rozkładu (DT_{50}) metamitronu w glebie (tab. 40), zdecydowano się na wykorzystanie tylko tych wyników analiz, które pochodziły z pierwszego etapu doświadczenia (próbki gleby pobrane 2 godziny oraz 2 i 4 dni od aplikacji herbicydów), w trakcie którego metamitron uległ degradacji w 65–89% (rys. 27). Przeprowadzone badania wykazały, iż adiuwanty wpływają na szybkość degradacji metamitronu i tym samym poziom jego pozostałości w glebie (rys. 27). W pierwszym etapie doświadczenia metamitron rozkładał się w bardzo szybkim tempie, przy czym najwolniej, kiedy herbicyd był stosowany bez adiuwantów. Poziom pozostałości tej substancji w 2 i 4 dniu od aplikacji mieszanin herbicydowych wynosił odpowiednio 23–39% oraz 11–24% stężenia początkowego w przypadku zastosowania herbicydu z analizowanymi adiuwantami oraz odpowiednio 56% i 34% dawki wyjściowej, gdy aplikowano sam herbicyd. Czasy połowicznego rozkładu (DT_{50}) metamitronu, wyznaczone graficznie oraz obliczone na podstawie równań opisujących krzywe rozkładu potwierdzają tę zależność (tab. 40).

Tabela 40. Równania dla krzywych rozkładu metamitronu w glebie oraz wartości DT_{50}

Preparat	Równanie krzywej rozkładu	DT_{50} [dni]	
		wyznaczony graficznie	obliczony z równania
GOLTIX 70 WG	$C_t = 5,338 \cdot e^{-0,5368t}$, $R^2 = 0,9984$	2,4	1,3
GOLTIX 70 WG + ATPOLAN BIO 80 EC	$C_t = 6,242 \cdot e^{-0,7148t}$, $R^2 = 0,966$	1,5	1,0
GOLTIX 70 WG + BAS 160 00 S	$C_t = 7,214 \cdot e^{-0,9496t}$, $R^2 = 0,9559$	1,2	0,7
GOLTIX 70 WG + TREND 90 EC	$C_t = 9,068 \cdot e^{-1,1137t}$, $R^2 = 0,9691$	1,1	0,6
GOLTIX 70 WG + BACKROW	$C_t = 6,39 \cdot e^{-0,8288t}$, $R^2 = 0,9552$	1,3	0,8

C_t – stężenie po czasie „t”

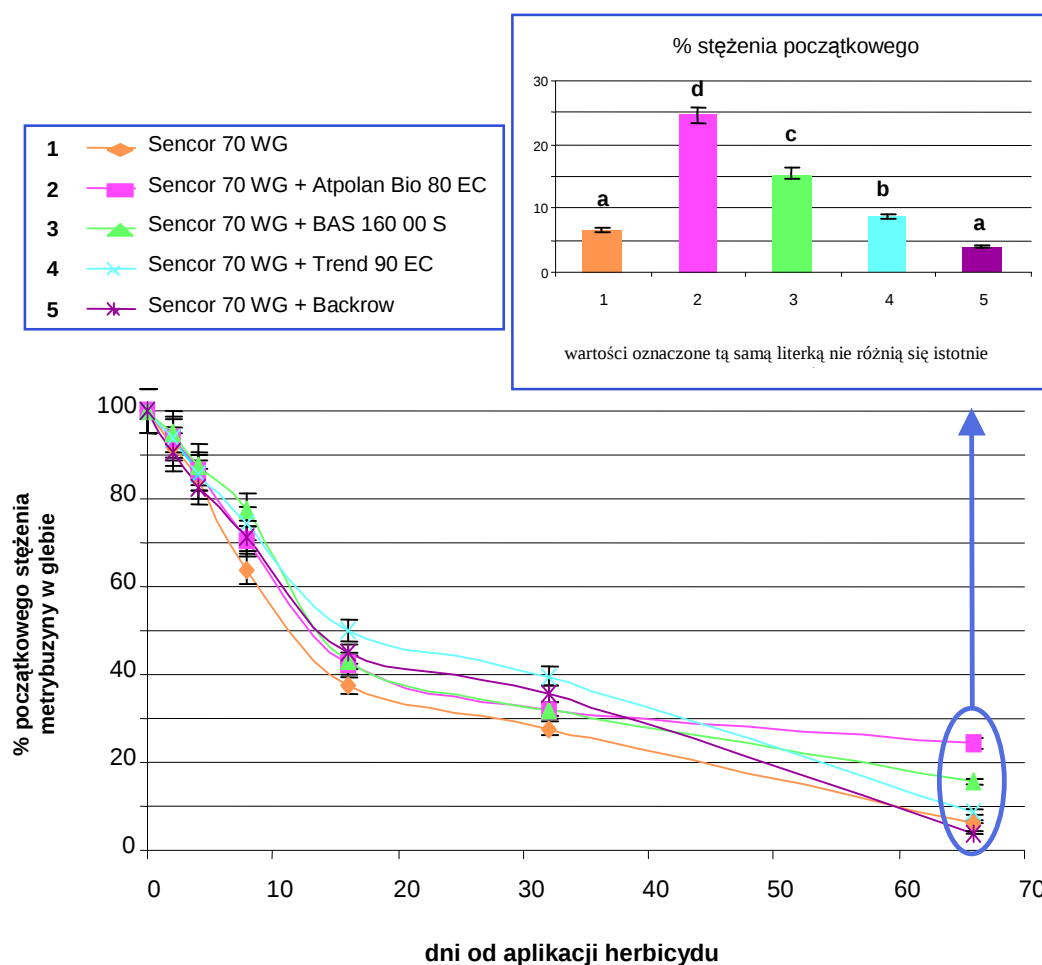
Wyraźne spowolnienie rozkładu metamitronu, niezależnie od stosowanych kombinacji herbicydowych, stwierdzono po 4 dniu trwania doświadczenia. W okresie pomiędzy 8 a 66 dniem od aplikacji herbicydu obserwowano zmiany w szybkości rozkładu metamitronu, które ostatecznie spowodowały, że w 66 dniu prowadzenia doświadczenia

pozostałości tej substancji wynosiły 0,15% stężenia początkowego, w przypadku zastosowania samego herbicydu. Aplikacja herbicydu w mieszaninie z badanymi wspomagaczami w konsekwencji skutkowała spowolnieniem rozkładu metamitronu, o czym świadczą pozostałości tej substancji w glebie, oznaczone w ostatnim dniu prowadzenia doświadczenia. Spośród ocenianych adiuwantów najsilniej hamowały zanikanie metamitronu: adiuwant wieloskładnikowy Backrow oraz adiuwant olejowy Atpolan Bio 80 EC (wykryte pozostałości na poziomie odpowiednio 0,54% i 0,39% stężenia początkowego). W mniejszym stopniu, jednak statystycznie nieistotnie, rozkład metamitronu spowalniały również surfaktanty Trend 90 EC oraz Bas 160 00 S (pozostałości na poziomie odpowiednio 0,24% i 0,20% stężenia początkowego); (rys. 27).

4.2.1.2. *Dynamika rozkładu metrybuzyny w glebie*

Stężenie początkowe metrybuzyny (w próbkach pobranych 2 godziny po aplikacji herbicydu) wynosiło średnio $1,1622 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Proces zanikania metrybuzyny charakteryzował się różnym przebiegiem w zależności od zastosowanego adiuwanta (rys. 28). Wyniki analiz próbek pobranych 2 i 4 dni od aplikacji herbicydu nie wykazały istotnych różnic (różnice w stężeniu metrybuzyny nie przekraczały 5%) w tempie rozkładu metrybuzyny pomiędzy próbkami gleby, gdzie stosowano herbicyd bez adiuwantów, jak i w mieszaninie ze wspomagaczami. Wyraźne oddziaływanie adiuwantów na degradację tej substancji obserwowano po 8 dniach od jej aplikacji. Na tym etapie doświadczenia wszystkie z ocenianych adiuwantów istotnie hamowały tempo degradacji metrybuzyny (pozostałości substancji w granicach 70,5–77,5% stężenia początkowego), podczas gdy pozostałości tej substancji stosowanej bez adiuwantów były na poziomie 64% stężenia początkowego. W dalszej części doświadczenia (16, 32 dni od aplikacji mieszanin herbicydowych) również obserwowano wolniejszy rozkład metrybuzyny w próbkach, gdzie do herbicydu dodano adiuwanty w porównaniu z próbkami, gdzie stosowano sam herbicyd. Zależność tę potwierdzają czasy połowicznego rozkładu (DT_{50}) metrybuzyny, wyznaczone graficznie oraz obliczone na podstawie równań opisujących krzywe rozkładu (tab. 41). Czas połowicznego zaniku DT_{50} (wyznaczony graficznie) dla metrybuzyny aplikowanej bez adiuwantów wynosił 11 dni. Dodatek do herbicydu badanych adiuwantów spowodował

wydłużenie półokresu rozpadu o ok. 2–5 dni, przy czym surfaktant Trend 90 EC najsilniej hamował rozkład metrybuzyny – DT_{50} równe 15,8 dnia.



Rys. 28. Wpływ adiuwantów na dynamikę rozkładu metrybuzyny

Jak przedstawia tabela 41, wartości DT_{50} wyznaczone z równań wyraźnie różniły się od tych, które wyznaczono graficznie. Wynika to z gorszego dopasowania równań do danych eksperymentalnych. Mimo tego, również wskazują one na szybsze zanikanie metrybuzyny, kiedy aplikowano ją bez adiuwantów. W 66 dniu prowadzenia doświadczenia pozostałości metrybuzyny wynosiły 6,5% stężenia początkowego, w przypadku zastosowania herbicydu samodzielnie. Adiuwant wieloskładnikowy Backrow, jako jedyny z badanych wspomagaczy wpłynął ostatecznie na przyspieszenie rozkładu metrybuzyny, której poziom pozostałości stanowił 4% stężenia początkowego, jednak różnica ta nie była istotna statystycznie. Pozostałe adiuwanty istotnie spowalniały tempo zanikania tej substancji. Najwolniejszy rozkład metrybuzyny

(wykryte pozostałości na poziomie 24,6% i 15,5% stężenia początkowego) stwierdzono, kiedy herbicyd aplikowano odpowiednio z adiuwantem olejowym Atpolan Bio 80 EC oraz surfaktantem Bas 160 00 S. Surfaktant Trend 90 EC w nieco mniejszym stopniu wpływał na hamowanie zanikania metrybuzyny w glebie. Poziom jej pozostałości po 66 dniach od aplikacji stanowił niecałe 9% stężenia początkowego.

Tabela 41. Równania dla krzywych rozkładu metrybuzyny w glebie oraz wartości DT_{50}

Preparat	Równanie krzywej rozkładu	DT_{50} [dni]	
		wyznaczony graficznie	obliczony z równania
SENCOR 70 WG	$C_t = 1,045 \cdot e^{-0,0406t}$, $R^2 = 0,9835$	11,1	17,1
SENCOR 70 WG + ATPOLAN BIO 80 EC	$C_t = 0,957 \cdot e^{-0,0218t}$, $R^2 = 0,8436$	12,8	31,8
SENCOR 70 WG + BAS 160 00 S	$C_t = 1,072 \cdot e^{-0,0288t}$, $R^2 = 0,9513$	13,4	24,1
SENCOR 70 WG + TREND 90 EC	$C_t = 1,174 \cdot e^{-0,0358t}$, $R^2 = 0,9847$	15,8	19,4
SENCOR 70 WG + BACKROW	$C_t = 1,275 \cdot e^{-0,0468t}$, $R^2 = 0,9707$	13,4	14,8

C_t – stężenie po czasie „t”

4.2.2. Wpływ dodatku adiuwanta na przemieszczanie i rozmieszczenie herbicydu w profilu glebowym

Na kolumny glebowe, przygotowane wg 3.2.4., наносzono herbicydy w ilościach, odpowiadających maksymalnym dawkom stosowanym w warunkach polowych ($6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ preparatu Goltix 70 WG lub $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ preparatu Sencor 70 WG), bez dodatku adiuwantów oraz w mieszaninie z adiuwantami (Actirob 842 EC, Atpolan 80 EC, Backrow, Bas 160 00 S, Olbras 88 EC i Trend 90 EC). Po przepuszczeniu przez kolumny glebowe 35 ml wody, co odpowiada 66 mm opadu, zbierano przesiąk (ok. 24–26 ml) do oznaczenia ilości wymytej substancji aktywnej herbicydu. W celu określenia rozmieszczenia herbicydu w profilu glebowym wykonano serię biotestów na roślinie testowej (gorczyca), co umożliwiło wizualną obserwację objawów fitotoksycznego

działania herbicydu na roślinę testową (herbicyd, który nie został wymyty z gleby, powodował wystąpienie objawów fitotoksycznych na roślinie testowej).

4.2.2.1. Przenikanie i rozmieszczenie metamitronu w profilu glebowym

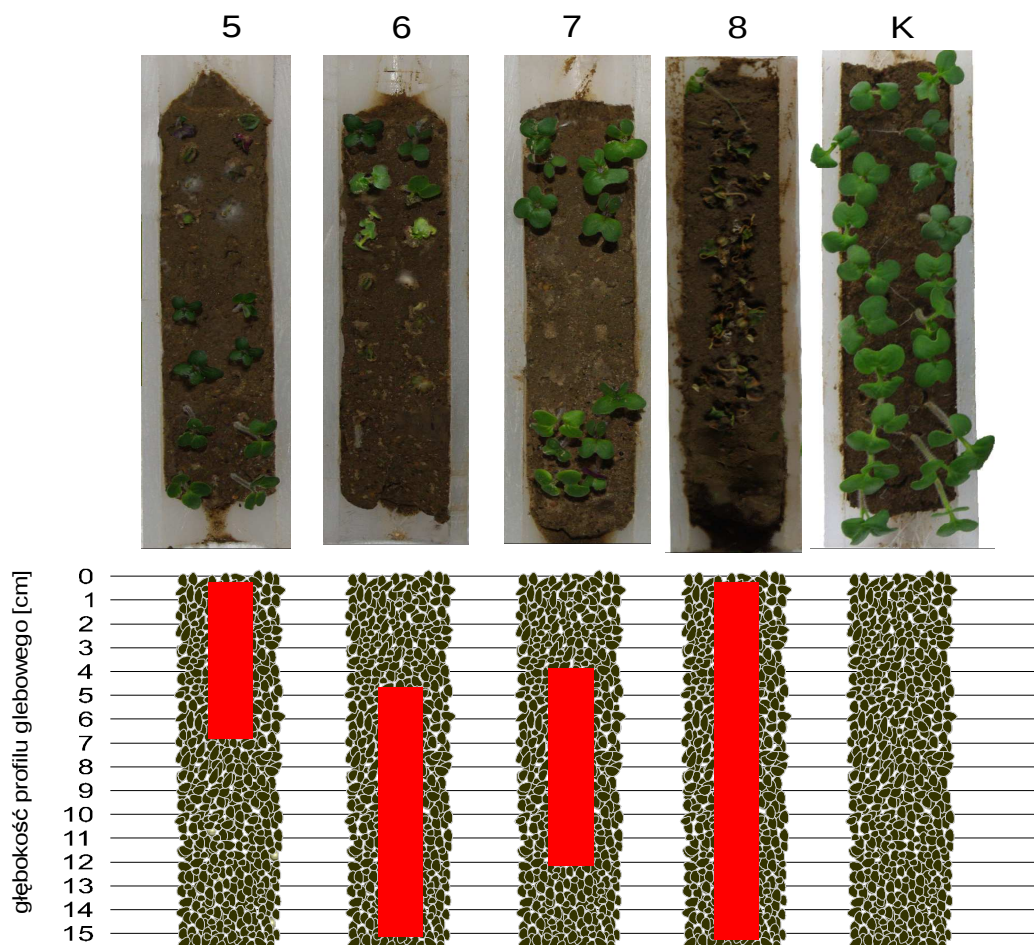
Po naniesieniu herbicydu Goltix 70 WG bez adiuwanta w przesiąku wykryto metamitron w ilości odpowiadającej 1,8% ilości metamitronu naniesionego na glebę (tab. 42). W glebie pozostało 98,2% substancji, która została rozmyta na odcinku 7 cm profilu (rys. 29).

Tabela 42. Wpływ adiuwantów na wymywanie metamitronu z gleby

Obiekt	Średni przesiąg [ml]	% wymytej s.a.	L* [cm]
GOLTIX 70 WG	24,0	1,8	7
GOLTIX 70 WG + OLBRAS 88 EC	26,5	33,0	10
GOLTIX 70 WG + ATPOLAN 80 EC	26,6	3,7	8
GOLTIX 70 WG + BAS 160 00 S	25,0	34,4	15

*) – szerokość warstwy gleby, w której znajdują się pozostałości fitotoksyczne

Niewiele większe pozostałości metamitronu w przesiąku (stanowiące 3,7% naniesionej na glebę substancji aktywnej) stwierdzono, kiedy herbicyd aplikowano w mieszaninie z adiuwantem olejowym Atpolan 80 EC (tab. 42). Mimo wszystko obserwowano wpływ tego wspomagacza na mobilność herbicydu w profilu glebowym, polegający na przesunięciu go poniżej miejsca aplikacji o ok. 4 cm i występowaniu pozostałości substancji aktywnej na długości 8 cm profilu glebowego (rys. 29). Najwyższe stężenie metamitronu w przesiąku, stanowiące 33% i 34,4% ilości substancji naniesionej na glebę, wykryto w próbkach, gdzie herbicyd stosowano odpowiednio z adiuwantem olejowym Olbras 88 EC lub surfaktantem Bas 160 00 S (tab. 42). Adiuwanty te w największym stopniu modyfikowały zachowanie się metamitronu w glebie. Pozostałości tej substancji wykryte w glebie rozlokowane były na długości całego profilu, w przypadku dodatku adiuwanta Bas 160 00 S. Natomiast Olbras 88 EC przesunął herbicyd w głąb profilu glebowego i rozmywał go na długość 10 cm (rys. 29).



5 – Goltix 70 WG [$6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]
 6 – Goltix 70 WG + Olbras 88 EC [$6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$]
 7 – Goltix 70 WG + Atpolan 80 EC [$6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$]
 8 – Goltix 70 WG + Bas 160 00 [$6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 1,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$]
 K – obiekt kontrolny (bez herbicydu)

Rys. 29. Biotest na kolumnach glebowych – metamitron

4.2.2.2. Przenikanie i rozmieszczenie metrybuzyny w profilu glebowym

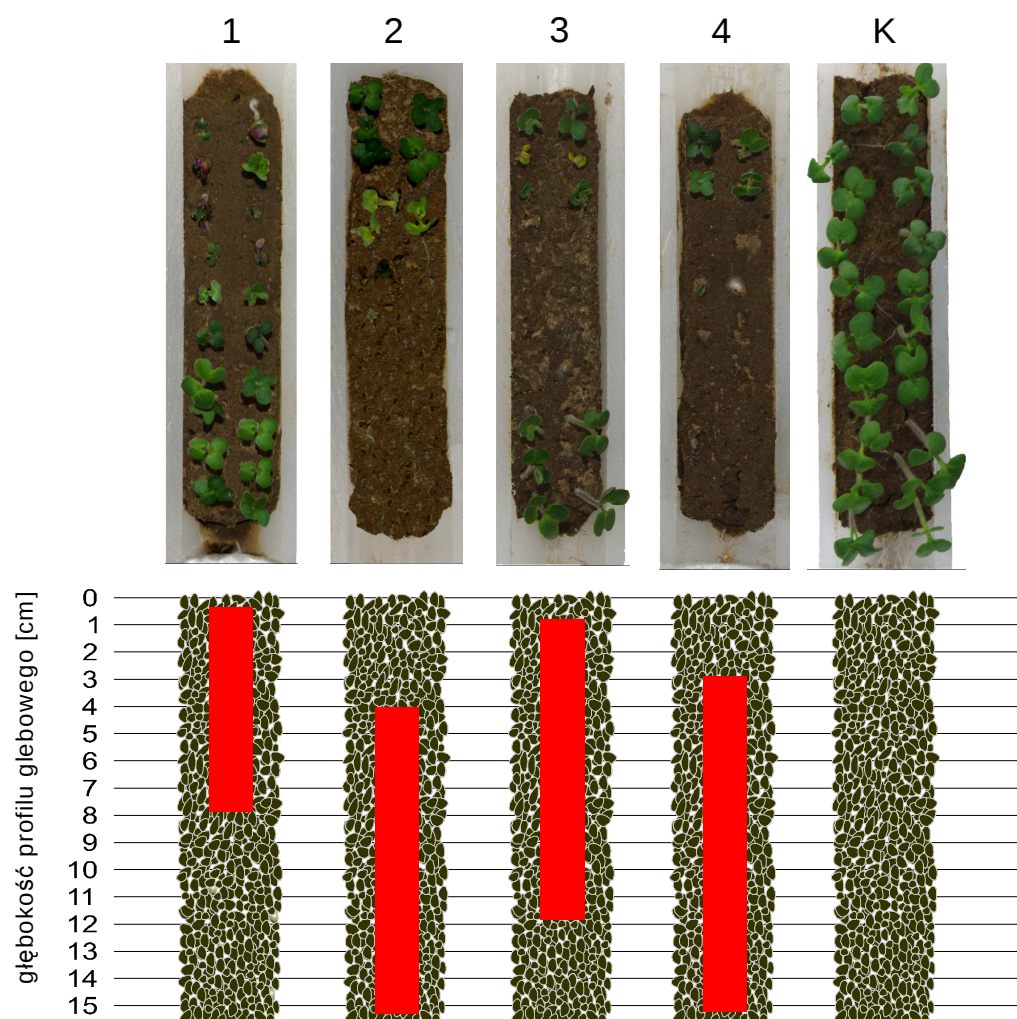
Naniesienie herbicydu Sencor 70 WG bez wspomagaczy skutkowało wykryciem w przesiąku ok. 22% metrybuzyny, naniesionej na kolumnę glebową (tab. 43). Pozostałości tej substancji, jakie stwierdzono w glebie były rozmieszczone w górnej warstwie profilu glebowego na odcinku 8 cm (rys. 30). Dodatek do herbicydu badanych adiuwantów spowodował wzrost stężenia metrybuzyny w przesiąku do ilości stanowiącej 46–68% naniesionej na glebę substancji aktywnej (tab. 43).

Tabela 43. Wpływ adiuwantów na wymywanie metrybuzyny z gleby

Obiekt	Średni prześiąk [ml]	% wymytej s.a.	L* [cm]
SENCOR 70 WG	24,5	22,1	8
SENCOR 70 WG + ACTIROB 842 EC	25,2	55,8	11
SENCOR 70 WG + TREND 90 EC	25,2	46,6	11
SENCOR 70 WG + BACKROW	24,0	67,9	12

*) – szerokość warstwy gleby, w której znajdują się pozostałości fitotoksyczne

Przeprowadzone biotesty wykazały, iż mimo stwierdzonych znacznie niższych pozostałości metrybuzyny w glebie, obserwowano fitotoksyczne działanie tej substancji na roślinę testową. We wszystkich przypadkach stwierdzono, iż adiuwanty mają wpływ na rozmieszczenie i przemieszczanie się metrybuzyny w glebie (rys. 30). Surfactant Trend 90 EC oraz adiuwant wieloskładnikowy Backrow przesunęły herbicyd w głąb profilu glebowego i rozmywały go na długość odpowiednio 11 i 12 cm. Adiuwant olejowy Actirob 842 EC nieznacznie przesunął herbicyd (o ok. 1 cm) poniżej miejsca aplikacji i wpływał na rozmieszczenie pozostałości jego substancji aktywnej na długości 11 cm profilu glebowego.



- 1 – Sencor 70 WG [$1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]
 2 – Sencor 70 WG + Trend 90 EC [$1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 0,3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$]
 3 – Sencor 70 WG + Actirob 842 EC [$1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 1,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$]
 4 – Sencor 70 WG + Backrow [$1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} + 0,3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$]
 K – obiekt kontrolny (bez herbicydu)

Rys. 30. Biotest na kolumnach glebowych – metrybuzyna

5. DYSKUSJA WYNIKÓW

Intensywny rozwój nauk przyrodniczych, a co za tym idzie postęp w dziedzinie chemicznej ochrony roślin, oprócz zabezpieczenia światowych potrzeb żywnościowych ludzi niesie ryzyko zanieczyszczenia wód, gleb i powietrza, przez różne substancje chemiczne. Doniesienia naukowe o niekorzystnych dla środowiska skutkach, jakie niesie ze sobą nieracjonalne stosowanie środków ochrony roślin były na tyle niepokojące, że zaczęto zwracać szczególną uwagę na zdrowie ludzi i zwierząt oraz otaczające ich środowisko. Podejmowane są działania, mające na celu optymalizację stosowania pestycydów poprzez ograniczenie ich ilości wnoszonych na pola uprawne, a tym samym zmniejszenie ich negatywnego oddziaływania (DYREKTYWA 1991, DYREKTYWA 2009, ROZPORZĄDZENIE 2009). Przejawem postępującej chemizacji rolnictwa jest m.in. stosowanie chemicznych metod zwalczania chwastów. Dlatego też w ostatnich latach dużą uwagę poświęca się poszukiwaniom nowych rozwiązań, które zapewniłyby jednocześnie zadowalającą skuteczność chwastobójczą, wysokiej jakości i ilości plon oraz bezpieczeństwo dla ludzi i środowiska. Jednym ze sposobów w tej dziedzinie może być aplikacja herbicydów w mieszaninie z adiuwantami.

Skuteczność chwastobójcza herbicydów jest wypadkową wielu czynników m.in. rodzaju stosowanej substancji aktywnej, wielkości jej dawki, występujących gatunków chwastów oraz warunków klimatycznych i glebowych (PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004). Wraz z niepokojem przed degradacją środowiska naturalnego i rolniczego dąży się obecnie do ograniczania ilości aplikowanych agrochemikaliów. Dlatego w literaturze można znaleźć prace (BUCZEK I IN. 2010, DOMARADZKI I SADOWSKI 2002, KSIĘŻAK I MAGNUSZEWSKI 2009, KWIATKOWSKI I WESOŁOWSKI 2011), w których podjęto się porównania skuteczności chwastobójczej różnych herbicydów stosowanych w dawkach obniżonych w stosunku do dawek pełnych oraz ich wpływu na wielkość i jakość plonu rośliny uprawnej.

Stosowanie pełnych, rekomendowanych dawek preparatów chwastobójczych gwarantuje na ogół wysoką ich skuteczność działania wobec większości gatunków. Jednocześnie pociąga to za sobą ryzyko powstawania pozostałości substancji aktywnych w płodach rolnych oraz glebie (DOMARADZKI I SADOWSKI 2002). Opisane w niniejszej pracy badania dowiodły, że spośród stosowanych dwóch dawek herbicydów, pełnej oraz zredukowanej, aplikacja preparatów Goltix 70 WG,

Pyramin 65 WG, Proponit 720 EC oraz Sencor 70 WG w pierwszym wariantcie zapewniała zdecydowanie lepsze efekty w zwalczaniu ocenianych gatunków chwastów (tab. 17–39). Obserwowano zróżnicowaną reakcję chwastów na działanie stosowanych preparatów. Większość z nich była wrażliwa na ich działanie. Występowały również gatunki eliminowane przez te herbicydy na poziomie 65–84%, co potwierdziły przeprowadzone w kolejnych latach doświadczenia. Były to: rdest powojowy w przypadku preparatu Goltix 70 WG (tab. 17, 20, 23, 26, 29), rdest powojowy, szarłat szorstki oraz przytulia czepna w przypadku preparatu Pyramin 65 WG (tab. 18, 21, 24, 27, 30), chwastnica jednostronna, rdest powojowy i plamisty oraz przetacznik perski w przypadku preparatu Sencor 70 WG (tab. 32, 35, 38) oraz rdest powojowy, fiołek polny i komosa biała w przypadku preparatu Proponit 720 EC (tab. 33, 36, 39). Obniżenie dawek preparatów Goltix 70 WG i Pyramin 65 WG o 33% oraz preparatów Sencor 70 WG i Proponit 720 EC odpowiednio o 25% i 20% skutkowało również spadkiem ich skuteczności chwastobójczej. W większości przypadków chwasty wrażliwe bądź średnio wrażliwe na działanie pełnych dawek tych herbicydów były zwalczane na poziomie średnim (65–84%) lub bardzo niskim (ok. 50%), jak np. rdest powojowy (tab. 17, 20), przytulia czepna (tab. 36), rdest plamisty czy tobołki polne (tab. 39). Taką samą zależność obserwowali BUCZEK I IN. (2010), którzy porównywali skuteczność dwóch herbicydów stosowanych w pszenicy jarej w pełnych oraz obniżonych o połowę dawkach. Najlepsze efekty w zwalczaniu chwastów ogółem, na poziomie 91,6% i 94,3%, odnotowali w przypadku aplikacji pełnych dawek preparatów – odpowiednio Chwastox Trio 540 SL i Sekator 6,25 WG. Zmniejszenie dawek o połowę skutkowało również spadkiem efektywności ich działania o ok. 10% (odpowiednio do 79,8% oraz 83,9%). KWIATKOWSKI I WESOŁOWSKI (2011) po zredukowaniu dawek herbicydów Sekator 6,25 WG + Puma Uniwersal 069 EW o 50% obserwowali ponad pięciokrotne zwiększenie liczby chwastów w łanie pszenicy ozimej oraz 50–krotny wzrost wytworzonej przez nie biomasy. Większą skuteczność preparatu Proponit 720 EC w zwalczaniu występujących w doświadczeniu chwastów odnotowali także KSIĘŻAK I MAGNUSZEWSKI (2009), kiedy aplikowano go w dawkach równych 2,5 i 3,0 l·ha⁻¹ (co odpowiada 1800 i 2160 g propizochloru), niż w dawce 2,0 l·ha⁻¹ (1440 g propizochloru). Podobnie jak w badaniach własnych najtrudniejszym do zwalczenia gatunkiem okazał się rdest powojowy, eliminowany na poziomie 70%, kiedy herbicyd stosowano w niższych dawkach, tj. 2,0 i 2,5 l·ha⁻¹ i na poziomie 82%, kiedy użyto dawki najwyższej (3,0 l·ha⁻¹).

Skutkiem obniżonej skuteczności chwastobójczej preparatów Chwastox Trio 540 SL oraz Sekator 6,25 WG były również istotnie mniejsze plony ziarna pszenicy jarej odpowiednio o $0,40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $0,57 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, jakie zebrano z poletek, na których aplikowano zredukowane o 50% dawki herbicydów w porównaniu z tymi, jakie otrzymano na poletkach potraktowanych dawkami pełnymi (BUCZEK I IN. 2010). W doświadczeniach własnych również odnotowano niższe plony zarówno korzeni buraka cukrowego, jak i bulw ziemniaka na obiektach, gdzie aplikowano obniżone dawki analizowanych herbicydów w stosunku do plonu uzyskanego z obiektów, gdzie stosowano dawki pełne. Spadek plonu był zróżnicowany, w zależności od badanych herbicydów oraz warunków pogodowych w trakcie sezonów wegetacyjnych. Aplikacja zredukowanych dawek preparatów Goltix 70 WG, Pyramin 65 WG, Sencor 70 WG i Proponit 720 EC skutkowała obniżeniem plonu korzeni buraka cukrowego i bulw ziemniaka odpowiednio o 8–15,5%, 6–14%, 7–15% i 8–20% (tab. 17–39). Natomiast wyniki badań KSIĘŻAKA I MAGNUSZEWSKIEGO (2009) wykazały, że pomimo spadku efektywności chwastobójczej w wyniku zastosowania zredukowanej dawki herbicydu Proponit 720 EC ($2,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$), w porównaniu z jego skutecznością w dawkach 2,5 i $3,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, nie odnotowano istotnych różnic w plonie ziarna kukurydzy.

W doświadczeniach własnych, w roku 2010 zebrano bardzo niskie plony bulw ziemniaków, ok. 3–6-krotnie niższe niż w latach 2008 i 2009 (tab. 38 i 39). Przyczyną mogły być intensywne i obfite opady deszczu w trakcie sezonu wegetacyjnego, znacznie przekraczające średnią wieloletnią (rys. 10). Mimo tego obserwowano wpływ wielkości stosowanych dawek herbicydów na plonowanie ziemniaka (tab. 38 i 39). O istotnej obniżce poziomu lub jakości plonu ziemniaka w wyniku panujących w sezonie wegetacyjnym niekorzystnych warunków klimatycznych, jak np. nadmierne opady, pisał również NOWACKI (2010).

Herbicydy, niezależnie od sposobu aplikacji trafiają do gleby, w której pod wpływem różnorodnych procesów stopniowo ulegają degradacji. Szybkość ich rozkładu zależy od wielu czynników, które ostatecznie decydują o ich dostępności m.in. dla roślin uprawnych, czy nagromadzeniu się w glebie. Uważa się, że ograniczenie ilości pestycydów wprowadzanych na pola uprawne prowadzi do zmniejszenia niebezpieczeństwa zanieczyszczenia środowiska oraz produktów rolnych, poprzez kumulację w nich substancji aktywnych środków ochrony roślin (PRACZYK I ADAMCZEWSKI 1996). KUCHARSKI I SADOWSKI (2006) oraz KUCHARSKI (2007) wykryli istotnie niższy poziom pozostałości etofumesatu, desmedifamu i fenmedifamu

w próbkach gleby i korzeni buraka cukrowego pobranych z poletek, na których aplikowano zredukowaną o $\frac{1}{3}$ dawkę preparatu w porównaniu do tego, jaki stwierdzono w próbkach pochodzących z poletek, gdzie stosowano dawkę pełną. Rezultaty wykonanych w niniejszej pracy doświadczeń pokrywają się z przyjętym założeniem i wynikami innych autorów. Obecność pozostałości metamitronu i chlorydazonu stwierdzono we wszystkich próbkach gleby i korzeni buraka cukrowego, niezależnie od zastosowanej dawki (pełnej czy obniżonej). Przy czym obserwowano pewną prawidłowość. Mianowicie wyraźnie wyższe stężenie tych substancji (udowodnione statystycznie) odnotowano w próbkach, które pobrano z poletek, gdzie stosowano pełne, rekomendowane dawki herbicydów. Zredukowanie ich o $\frac{1}{3}$ wpłynęło również na obniżenie stężenia obu substancji (rys. 11–20). Podobnie jak w przypadku metamitronu i chlorydazonu, najwyższe statystycznie pozostałości metrybuzyny i propizochloru, wykryto w próbkach gleby i bulw ziemniaka, gdy aplikowano pełne dawki tych preparatów. Zmniejszenie dawek o 20–25% skutkowało również spadkiem pozostałości substancji w analizowanych próbkach, a nawet ich brakiem (poniżej progu oznaczalności metody analitycznej); (rys. 21–26). Próbkę gleby i bulw ziemniaka, w których nie stwierdzono pozostałości metrybuzyny lub propizochloru bądź wykryty ich poziom był bardzo niski (rzędu 10^{-4} mg·kg⁻¹) pochodziły głównie z doświadczeń założonych w 2010 roku (rys. 25 i 26), który charakteryzował się intensywnymi opadami deszczu (rys. 10). Przypuszcza się, że spowodowały one wyraźnie szybsze niż w warunkach optymalnych przenikanie substancji w głębsze warstwy profilu glebowego, przez co stały się dostępne dla roślin uprawnych w dużo mniejszych ilościach. Inni autorzy również pisali o znaczącym wpływie opadów atmosferycznych, panujących w czasie okresu wegetacyjnego na migrację w profilu glebowym alachloru, atrazyny, symazayny, cyjanazyny i metolachloru (RITTER I IN. 1996), chlorosulfuronu (SEKUTOWSKI I IN. 2008), jak również rozkład flufenacetu w glebie (WŁODARCZYK I IN. 2007).

SADOWSKI I IN. (2010) wyższe pozostałości substancji aktywnych herbicydów najczęściej stosowanych w uprawie rzepaku ozimego wykryli w próbkach gleby niż uprawianych roślinach. Podobne wyniki otrzymano w prezentowanej pracy (rys. 11–26). Należy również dodać, że wykryte w korzeniach buraka cukrowego i bulwach ziemniaka stężenia badanych substancji, w zależności od zastosowanej dawki, rodzaju herbicydu, typu gleby i warunków pogodowych były nawet ponad 500–krotnie niższe

niż najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości (NDP), określone w normach (ROZPORZĄDZENIE 2005, ROZPORZĄDZENIE 2007a).

Obserwowany w wielu przypadkach spadek efektywności zwalczania chwastów w związku z aplikacją obniżonych dawek herbicydów można w znacznym stopniu zrekompenzować poprzez ich łączne stosowanie z adiuwantami. Są to substancje pomocnicze, zawarte we współczesnych preparatach ochrony roślin lub też dodawane do zbiornika opryskiwacza, których głównym zadaniem jest poprawa skuteczności działania pestycydów (najczęściej herbicydów) poprzez zwiększenie procesów retencji i absorpcji ich substancji aktywnych do wnętrza komórek roślinnych (ADAMCZEWSKI I IN. 1996, PRACZYK I SKRZYPCZAK 2004).

W wielu badaniach nad możliwością stosowania zredukowanych dawek herbicydów łącznie ze wspomagaczami stwierdzano pożądany efekt chwastobójczy wobec większości ocenianych chwastów. Obniżoną skuteczność działania herbicydu Callisto 100 SC (s.a. mezotrion) wobec chwastnicy jednostronnej obserwowano (IDZIAK I WOŹNICA 2008), kiedy zredukowano jego dawkę o $\frac{1}{3}$ i $\frac{1}{2}$. Dodanie do zredukowanej o $\frac{1}{3}$ dawki preparatu adiuwantów Atpolan 80 EC i Atpolan Bio 80 EC spowodowało, iż skuteczność zwalczania tego gatunku była większa o 4–5% w porównaniu z efektywnością, jaką stwierdzono, gdy aplikowano pełną dawkę herbicydu. Odnotowano również korzystne oddziaływanie tych wspomagaczy na skuteczność zwalczania chwastów ogółem, szczególnie gdy herbicyd aplikowano w mocno zredukowanych dawkach. Podobnych obserwacji dokonali KWIATKOWSKI I WESOŁOWSKI (2011), którzy stwierdzili, że dzięki aplikacji obniżonej o $\frac{1}{4}$ dawki herbicydów Sekator 6,25 WG + Puma Uniwersal 069 EW z adiuwantami Break-Thru S 240, Atpolan 80 EC i siarczan amonu nie obserwowano istotnego zwiększenia powietrznie suchej masy chwastów w łanie pszenicy ozimej. Jedynie znaczna redukcja dawek herbicydów, o 50% skutkowała wyraźnym wzrostem zachwaszczenia. Natomiast nie obserwowano spadku skuteczności po ich stosowaniu z adiuwantami. Jednak na polu o małym stopniu zachwaszczenia, aplikacja obniżonych o połowę dawek herbicydów Aminopielik Super 464 SL oraz Chisel 75 WG odpowiednio z adiuwantami Atpolan 80 EC lub Trend 90 EC, zapewniła pożądane ograniczenie zachwaszczenia jęczmienia jarego, zbliżone do poziomu, jaki obserwowano na obiektach, gdzie stosowano pełne dawki tych herbicydów (PIEKARCZYK 2005).

W badaniach własnych dodatek wspomagaczy do obniżonych o 20–33% dawek herbicydów powodował poprawę efektywności ich działania. W zależności od rodzaju

zastosowanego adiuwanta, występujących chwastów oraz warunków pogodowych w trakcie okresów wegetacyjnych obserwowano zróżnicowany wzrost skuteczności chwastobójczej w granicach 3–20% dla preparatu Goltix 70 WG, 2–16% dla preparatu Pyramin 65 WG, 2–16% dla preparatu Sencor 70 WG oraz 2–15% dla preparatu Proponit 720 EC (tab. 17–39). Podobnie jak w pracach innych autorów (IDZIAK I WOŹNICA 2008, MCMULLAN I IN. 1998, PIEKARCZYK 2005), stosowanie zredukowanych dawek herbicydów w mieszaninach z odpowiednio dobranymi adiuwantami pozwoliło na eliminację zachwaszczenia na poziomie, jaki odnotowano, kiedy stosowano je w rekomendowanych, pełnych dawkach (tab. 17–39).

Aplikacja obniżonych dawek herbicydów z adiuwantami, oprócz poprawy efektywności ich działania wobec większości gatunków chwastów, może przyczynić się również do wzrostu plonowania roślin uprawnych. Udowodniono (PIEKARCZYK 2005), że plon ziarna jęczmienia jarego z obiektów, na których stosowano zredukowane o 25% i 50% dawki herbicydów Aminopielik Super 464 SL oraz Chisel 75 WG łącznie z adiuwantami Atpolan 80 EC lub Trend 90 EC nie był istotnie niższy niż plon uzyskany z obiektów, gdzie aplikowano ich pełne dawki. Rezultaty uzyskane w tej pracy potwierdzają to założenie. Wyraźny spadek plonu korzeni buraka cukrowego oraz bulw ziemniaka notowano, gdy aplikowano herbicydy w dawkach zredukowanych, bez adiuwantów (tab. 17–39). Poprawę plonowania tych roślin o ok. 7–17%, 4–14%, 6–15%, 8–28% obserwowano, gdy preparaty odpowiednio Goltix 70 WG, Pyramin 65 WG, Sencor 70 WG i Proponit 720 EC stosowano w dawkach obniżonych łącznie z ocenianymi wspomagaczami. Nie odnotowano wyraźnego wpływu konkretnego adiuwanta na działanie badanych preparatów chwastobójczych, a co za tym idzie, na plonowanie roślin. Uwzględnione w pracy wspomagacze dodane do zredukowanych dawek herbicydów zapewniały plonowanie buraka cukrowego i ziemniaka na poziomie porównywalnym (brak istotnych różnic) do tego, jaki otrzymano, kiedy aplikowano ich pełne dawki. Korzystny wpływ adiuwantów na plonowanie roślin wykazali także KIERZEK I MIKLASZEWSKA (2009). Autorzy odnotowali wyraźny przyrost plonu kolb kukurydzy (od 36 do 43%), kiedy stosowano obniżoną o $\frac{1}{3}$ dawkę preparatu Maister 310 WG z adiuwantami, w porównaniu z plonem, jaki zebrano, gdy herbicyd aplikowano w dawce pełnej, bez wspomagaczy.

Nieliczne dane literaturowe potwierdzają, że dodatek adiuwantów do herbicydów stosowanych doglebowo ma wpływ na zachowanie się ich w glebie (REDDY I SINGH 1993, SHARMA I SINGH 2007, SWARCEWICZ I IN. 1998). Stwierdzono, że adiuwanty

w zabiegach przedwschodowych zwiększają efektywność chwastobójczą, wynikającą m.in. ze zmniejszenia mobilności preparatu w głąb profilu glebowego, przez co są dłużej dostępne dla chwastów. Tym samym mogą powodować wzrost poziomu pozostałości ich substancji aktywnych wykrywanych w glebie. Wyniki doświadczeń laboratoryjnych i wazonowych (SWARCEWICZ 1996) wykazały, iż najmniejszy poziom pozostałości trifluraliny w glebie występował w przypadku aplikacji herbicydu bez adiuwantów i wynosił odpowiednio 38,6% i 11,7% stężenia początkowego. Natomiast wyższe pozostałości tej substancji wykryto, kiedy aplikowano ją łącznie ze wspomagaczami. Ich wartości mieściły się w przedziałach 40–49,1% stężenia początkowego w warunkach laboratoryjnych oraz 24,6–36,6% w doświadczeniach wazonowych. Rezultaty kolejnych badań polowych (SWARCEWICZ I IN. 1998) potwierdziły tę zależność. Po 57 dniach od aplikacji trifluraliny stosowanej samodzielnie, jej poziom pozostałości w glebie był najniższy i stanowił 3,9% stężenia początkowego. Łączne zastosowanie herbicydu z adiuwantami spowodowało wzrost stężenia tej substancji w glebie (16,3–29,9% stężenia początkowego).

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy korespondują z doniesieniami literaturowymi. Aplikacja preparatów Goltix 70 WG, Pyramin 65 WG, Sencor 70 WG i Proponit 720 EC w zredukowanych o 20–33% dawkach skutkowała także spadkiem pozostałości ich substancji aktywnych wykrytych zarówno w korzeniach buraka cukrowego, bulwach ziemniaka, jak i w glebie (rys. 11–26). Po aplikacji herbicydów z dodatkiem adiuwantów obserwowano pewną prawidłowość, mianowicie – wzrost poziomu pozostałości ich substancji w plonie i w glebie, choć nie zawsze udowodniony statystycznie (rys. 11–14, 16–22, 24 i 26). Studiując wszystkie wyniki przeprowadzonych w pracy badań trudno jest wskazać, który typ adiuwanta istotnie bądź nieistotnie zwiększał poziom pozostałości substancji w analizowanym materiale. KUCHARSKI I DOMARADZKI (2008) nie odnotowali istotnego wpływu adiuwanta Trend 90 EC na wzrost stężenia metamitronu w glebie. Takiego wpływu na poziom pozostałości tej substancji nie stwierdzono także w 2009 roku prowadzenia doświadczeń, kiedy do obniżonej o $\frac{1}{3}$ dawki preparatu Goltix 70 WG dodano surfaktant Break-Thru S 240 (rys. 17). Jednak w pozostałych latach prowadzenia badań łączne zastosowanie tego preparatu z surfaktantem Trend 90 EC powodowało istotny wzrost stężenia metamitronu w glebie, w porównaniu z tym, jaki wykryto, gdy stosowano herbicyd bez adiuwantów (rys. 11, 13, 15, 19). Wartym podkreślenia jest również fakt, iż poziom pozostałości metamitronu, chlorydazonu, metrybuzyny i propizochloru, kiedy

stosowano je w dawkach obniżonych w mieszaninach z adiuwantami był na ogół niższy od stężenia tych substancji, kiedy aplikowano pełne dawki herbicydów (rys. 11–26). Podobne wyniki otrzymali także KUCHARSKI I SADOWSKI (2006) oraz KUCHARSKI (2007). Wykryte wyższe stężenia etofumesatu, desmedifamu i fenmedifamu w próbkach korzeni buraka cukrowego i gleby, po aplikacji obniżonych dawek tych substancji łącznie ze wspomagaczami, mimo wszystko było istotnie niższe, niż ich poziom pozostałości stwierdzony w próbkach pobranych z poletek, na których stosowano pełną, rekomendowaną dawkę herbicydu.

W trakcie trzyletnich badań nie obserwowano uszkodzeń roślin buraka cukrowego oraz ziemniaka, powodowanych przez herbicydy Goltix 70 WG, Pyramin 65 WG, Sencor 70 WG i Proponit 720 EC stosowane zarówno w dawkach pełnych, zredukowanych, jak i obniżonych z dodatkiem badanych adiuwantów.

Rola adiuwantów w procesach zanikania substancji aktywnych herbicydów nie jest dobrze poznana. Dane literaturowe dowodzą, że adiuwanty dodane do środków ochrony roślin (najczęściej herbicydów) mogą w różnorodny sposób modyfikować ich zachowanie w glebie. HUZAR (2007) prowadziła badania dotyczące wykorzystania wspomagaczy w celu ograniczenia parowania trifluraliny – substancji aktywnej wielu preparatów chwastobójczych stosowanych przedwschodowo (doglebowo), charakteryzującej się dużą lotnością. Stwierdziła, iż łączna aplikacja herbicydu z adiuwantami Olemix 84 EC, Olejan 85 EC, Olbras 88 EC i Adpros 850 SL w stężeniu 1,5–3% wpływa na obniżenie zawartości trifluraliny w fazie gazowej o 70–80%. Najintensywniej emisję trifluraliny redukował wspomagacz Lenmix 800 EC, który stosowany w stężeniu 0,5% hamował parowanie analizowanej substancji o 70%, natomiast użyty w dawce dwukrotnie większej prawie całkowicie zredukował jej lotność. Podobny wpływ tego adiuwanta na proces emisji trifluraliny potwierdziły wyniki kolejnych doświadczeń. Dodany do cieczy opryskowej preparatu Triflurotox 480 EC w stężeniu 0,5% obniżał parowanie trifluraliny o 60% (HUZAR 2008).

Wyniki badań laboratoryjnych i wazonowych (SWARCEWICZ 1996) oraz polowych (SWARCEWICZ I IN. 1998) dowiodły, że adiuwanty mogą istotnie hamować tempo rozkładu herbicydów w glebie. Taką samą zależność obserwowali WŁODARCZYK I IN. (2008). Autorzy odnotowali wyraźne spowolnienie degradacji flufenacetu w glebie lekkiej, pod wpływem oddziaływania adiuwantów Adpros 85 SL i Olejan 85 EC, o czym świadczą dłuższe o 6–21 dni czasy połowicznego rozkładu (DT_{50}) oraz o 19–70 dni czasy 90– procentowego zaniku tej substancji, w porównaniu do obiektu, gdzie

stosowano sam herbicyd. Podobne rezultaty uzyskano w prezentowanej pracy, w badaniach modelowych, w których półokres rozpadu metrybuzyny, w związku z zastosowaniem jej w mieszaninach z adiuwantami, uległ wydłużeniu o ok. 2–5 dni w porównaniu do DT_{50} tej substancji, kiedy aplikowano ją bez dodatku adiuwantów (rys. 28, tab. 41). Potwierdzeniem zahamowania degradacji metrybuzyny w przypadku jej łącznego stosowania ze wspomagaczami: Atpolan Bio 80 EC, Bas 160 00 S i Trend 90 EC są również poziomy jej pozostałości po 66 dniach od aplikacji, wyższe odpowiednio o 18,1%, 9% i 2,5% od stężenia metrybuzyny, aplikowanej bez adiuwantów (pozostałości na poziomie 6,5% stężenia początkowego). KUCHARSKI I SADOWSKI (2011) na podstawie uzyskanych czasów połowicznego zaniku, także stwierdzili spowolnienie degradacji metazachloru po jego aplikacji ze wspomagaczami. DT_{50} dla tej substancji stosowanej bez dodatku adiuwantów wynosił $26,3 \pm 2,48$ dnia, natomiast kiedy aplikowano ją w mieszaninach z surfaktantem Break-Thru S 240 lub adiuwantem olejowym Atpolan Bio 80 EC półokres rozpadu metazachloru wydłużył się odpowiednio o ok. 16 i 8 dni. Kolejne doświadczenia prowadzone w warunkach laboratoryjnych (KUCHARSKI I SADOWSKI 2009) wykazały spadek szybkości rozkładu etofumesatu w glebie, na której stosowano tę substancję łącznie z adiuwantem olejowym Olbras 88 EC, z tempem degradacji, jaki obserwowano w przypadku, gdy aplikowano sam herbicyd. Świadczyły o tym: czas połowicznego zaniku substancji dla analizowanych kombinacji herbicydowych, który w przypadku dodatku do etofumesatu adiuwanta uległ wydłużeniu o ok. 10 dni w glebie gliniastej i o ok. 8 dni w czarnej ziemi oraz wyższe odpowiednio o 49% i 60% poziomy pozostałości etofumesatu w glebie po 120 dniach.

Własne badania modelowe z metamitronem nie potwierdziły tych prawidłowości w pierwszym etapie doświadczenia. Wyznaczone graficznie czasy połowicznego zaniku metamitronu, niezależnie od stosowanych kombinacji herbicydowych wynosiły od 1 do 2 dni, przy czym najwolniejszy rozkład substancji stwierdzono, kiedy była aplikowana bez dodatku wspomagaczy (rys. 27, tab. 40). Spowolnienie tempa degradacji metamitronu pod wpływem adiuwantów obserwowano w drugim etapie doświadczenia (pomiędzy 8 a 66 dniem od aplikacji herbicydu). Na badany proces w największym stopniu oddziaływały: adiuwant wieloskładnikowy Backrow oraz adiuwant olejowy Atpolan Bio 80 EC. Natomiast, na podstawie analizy pozostałości metamitronu w 66 dniu prowadzenia doświadczenia, nie stwierdzono wpływu surfaktantów Trend 90 EC

oraz Bas 160 00 S na szybkość degradacji tej substancji. Różnice w poziomie pozostałości nie były istotne statystycznie.

O zróżnicowanym oddziaływaniu adiuwantów na proces zanikania substancji aktywnych herbicydów pisało wielu autorów. Podobnie jak w badaniach własnych nie stwierdzono (KUCHARSKI I SADOWSKI 2009) istotnego wpływu surfaktanta Trend 90 EC na półokres rozpadu etofumesatu oraz poziom jego pozostałości w glebie, po 66 dniach od aplikacji, w porównaniu z próbkami gleby, na których stosowano sam herbicyd. Wyniki uzyskane w innych badaniach (KUCHARSKI I SADOWSKI 2011) również nie wykazały istotnego oddziaływania adiuwanta wieloskładnikowego Backrow na rozkład metazachloru. Jednak w niniejszej pracy stwierdzono, że adiuwant Backrow najsilniej spośród ocenianych wspomagaczy hamował degradację metamitronu (rys. 27, tab. 40). Dlatego tak ważne jest, aby kontynuować badania dotyczące oddziaływania adiuwantów na degradację herbicydów w glebie.

Rozkładowi substancji aktywnych herbicydów nierozłącznie towarzyszy proces ich przemieszczania w głąb profilu glebowego. Zjawisko to warunkowane jest przez wiele czynników, zwłaszcza przez wielkość opadów atmosferycznych. Udowodniono (RITTER I IN. 1996), że symulowany opad, odpowiadający 75 mm, wpłynął na przemieszczanie poniżej strefy korzeniowej roślin, takich substancji jak: alachlor, atrazyna, symazyna, cyjanazyna i metolachlor. Wyraźnie zwiększony transport chlorosulfuronu w głąb profilu glebowego, po intensywnych opadach deszczu obserwowali także SEKUTOWSKI I IN. (2008). Na migrację substancji aktywnych preparatów chwastobójczych mogą oddziaływać również adiuwanty. Zazwyczaj pod ich wpływem stwierdzano spowolnienie przenikania substancji w głębsze warstwy profilu glebowego. Udowodniono (REDDY I SINGH 1993), że adiuwanty ASE-95 i ASE-108, przy symulowanym opadzie atmosferycznym równym 5 cm zmniejszyły dystans, jaki pokonał bromacyl w kolumnach usypanych glebą o 15 cm, w porównaniu do odległości, jaką stwierdzono, kiedy stosowano sam herbicyd. Wyraźnie obniżoną mobilność pendimetaliny obserwowano także, gdy do tej substancji dodano surfaktanty HM9754 oraz HM9679 (SHARMA I SINGH 2007). Przy symulowanym opadzie deszczu równym $6,25 \text{ cm} \cdot \text{ha}^{-1}$ dystans, jaki pendimetalina pokonała w specjalnych kolumnach uległ skróceniu odpowiednio o 24,8% i 58,6%, a przy dwukrotnie większym opadzie odpowiednio o 48,1% oraz 66,5%. Badania innych autorów (HUA I IN. 2009) również wykazały, iż zastosowanie bentazonu w mieszaninach z surfaktantem Triton

lub z Tritonen i anionowym adiuwantem SDBS skutkowało jego ograniczoną migracją w glebie.

W badaniach własnych stwierdzono wpływ wszystkich ocenianych adiuwantów na przemieszczanie się metamitronu oraz metrybuzyny w kolumnach glebowych, imitujących profil glebowy, jednak nie korespondują one z rezultatami przedstawionymi powyżej. W zależności od rodzaju adiuwanta zastosowanego w doświadczeniu obserwowano zwiększoną mobilność obu substancji w głąb kolumn glebowych w porównaniu z przemieszczaniem i rozmieszczeniem tych substancji w kolumnach, kiedy aplikowano je bez wspomagaczy (rys. 29 i 30). Adiuwant olejowy Olbras 88 EC i surfaktant Bas 160 00 S w największym stopniu przyspieszały migrację preparatu Goltix 70 WG wzdłuż kolumn glebowych (pokonanie dwukrotnie dłuższej odległości). Stwierdzono to na podstawie rozlokowania herbicydu w kolumnach glebowych oraz wykrytych w przesiąku pozostałościach metamitronu, większych od stężenia tej substancji, kiedy była stosowana samodzielnie, odpowiednio o 31,2% i 32,6% (tab. 42). Adiuwant Olbras 88 EC spowodował przesunięcie herbicydu o ok. 5 cm w głąb kolumn glebowych i rozmywał go na długość 10 cm. Dodatek adiuwanta Bas 160 00 S spowodował, że pozostałości substancji aktywnej tego preparatu rozlokowane były na długości całej kolumny (rys. 29, tab. 42). Podobne wyniki otrzymano w przypadku dodania do preparatu Sencor 70 WG wspomagaczy Trend 90 EC, Backrow oraz Actirob 842 EC (rys. 30, tab. 43). Po przepuszczeniu przez kolumny 35 ml wody, co odpowiada 66 mm opadu atmosferycznego, w zebranych przesiąku stwierdzono 2–3-krotnie większe stężenie metrybuzyny niż wówczas, gdy preparat stosowano bez adiuwantów (tab. 43). Również pozostałości tej substancji pod wpływem dodatku analizowanych wspomagaczy uległy przemieszczeniu w głąb kolumny i były wykrywane na odcinku od 1 do 15 cm (rys. 30).

Prace dotyczące oddziaływania adiuwantów na proces przemieszczania substancji aktywnych preparatów chwastobójczych w glebie najczęściej donoszą o ich hamującym wpływie na mobilność herbicydów (CHANDRAN I SINGH 1999, REDDY I SINGH 1993, SHARMA I SINGH 2007, SWARCEWICZ I IN. 1998). Niewiele jest doniesień literaturowych potwierdzających wyniki otrzymane w niniejszej pracy. Jednak HUA I IN. (2009) także stwierdzili zwiększone przemieszczanie bentazonu w glebie pod wpływem zastosowania go łącznie adiuwantem SDBS. Dlatego zasadne jest, aby prowadzić odrębne badania dla każdego układu herbicyd–adiuwant, ponieważ ten sam

wspomagacz może w inny sposób wpływać na zachowanie różnych preparatów chwastobójczych, a nawet zawierających te same substancje aktywne (tzw. generyki).

Troska o zdrowie ludzi i zwierząt oraz otaczające ich środowisko wymusza na krajach Unii Europejskiej podjęcie konkretnych działań, mających na celu optymalizację stosowania środków ochrony roślin. Ograniczanie wprowadzanych na pola uprawne dawek, zwłaszcza herbicydów, może powodować spadek ich skuteczności chwastobójczej (BUCZEK I IN. 2010, KSIĘŻAK I MAGNUSZEWSKI 2009, KWIATKOWSKI I WESOŁOWSKI 2011), a w konsekwencji i uzyskiwanego plonu (BUCZEK I IN. 2010). Zaprezentowane wyniki w niniejszej pracy dowodzą, że odpowiedni dobór adiuwanta do zredukowanej dawki herbicydów stosowanych przedwschodowo może zwiększyć ich efektywność zwalczania wobec występujących na polu chwastów, co przekłada się na pożądaną wielkość plonu (tab. 17–39). Możliwość zmniejszenia dawki preparatu, z zachowaniem jego optymalnego chwastobójczego działania dodatkowo obniża koszty przeprowadzenia zabiegu herbicydowego o ok. 10–25%, a także może zmniejszyć poziom pozostałości substancji aktywnych herbicydów w glebie i roślinie uprawnej (rys. 11–26). Uzyskane dane, jako źródło cennych informacji, mogą mieć istotne znaczenie przy opracowywaniu działań, ograniczających negatywne skutki stosowania chemicznych metod ochrony upraw rolniczych.

6. WNIOSKI

1. Herbicydy zawierające metamitron (Goltix 70 WG) i chlorydazon (Pyramin 65 WG) stosowane w zabiegach przedwschodowych w dawce pełnej, zredukowanej o 33% i zredukowanej z dodatkiem adiuwantów Actirob 842 EC, Atpolan 80 EC, Atpolan Bio 80 EC, Break-Thru S 240, Olbras 88 EC, Olejan 85 EC, Trend 90 EC nie były fitotoksyczne dla roślin buraka cukrowego odmiany Jagoda, Jarysa, Leopard i Lucata.
2. Metrybuzyna (Sencor 70 WG) i propizochlor (Proponit 720 EC) stosowane w dawce pełnej, zredukowanej o 20–25% i zredukowanej z dodatkiem adiuwantów Actirob 842 EC, Atpolan Bio 80 EC, Backrow, Bas 160 00 S, Break-Thru S 240, Olbras 88 EC, Olejan 85 EC, Trend 90 EC nie powodowały uszkodzeń roślin ziemniaka odmiany Fribona, Nora i Vineta.
3. Redukcja dawek metamitronu i chlorydazonu o 33% spowodowała obniżenie skuteczności chwastobójczej herbicydów o 5–22% oraz zmniejszenie plonów buraka (o 6–15%).
4. Zmniejszenie dawek metrybuzyny i propizochloru, odpowiednio o 25 i 20%, skutkowało obniżeniem skuteczności chwastobójczej herbicydów o 4–15% oraz redukcją plonów ziemniaka (o 7–20%).
5. Zastosowanie adiuwantów w zabiegach przedwschodowych umożliwiło obniżenie dawki herbicydów zawierających metamitron, chlorydazon, metrybuzynę i propizochlor z zachowaniem skuteczności działania. Skuteczność chwastobójcza oraz wielkość plonu buraka cukrowego i ziemniaka na obiektach, gdzie stosowano mieszaniny herbicydów z adiuwantami były porównywalne z wynikami uzyskanymi z obiektów, na których aplikowano pełne dawki herbicydów.
6. Wykryte w próbkach korzeni buraka cukrowego i bulw ziemniaka pozostałości badanych substancji aktywnych herbicydów nie przekraczały wartości dopuszczalnych, określonych w normach.

7. Redukcja dawki herbicydów powodowała obniżenie stężenia wykrywanych pozostałości w glebie oraz roślinach buraka cukrowego i ziemniaka, w porównaniu do obiektów, na których aplikowano pełne dawki herbicydów.
8. Łączna aplikacja herbicydów z adiuwantami w zabiegach przedwschodowych powodowała wzrost stężenia pozostałości badanych substancji aktywnych w glebie i roślinie, w stosunku do wyników uzyskanych z obiektów, na których stosowano zredukowane dawki herbicydów bez adiuwanta. Oznaczone pozostałości były jednak, w większości przypadków, niższe od tych, które wykryto w próbkach pochodzących z obiektów, gdzie aplikowano pełne dawki herbicydów.
9. Uzyskane wyniki wskazują, że na poziom pozostałości substancji aktywnych herbicydów w glebie i badanym materiale roślinnym znaczący wpływ miał przebieg pogody, a zwłaszcza wielkość opadów po aplikacji herbicydów. W latach 2009 i 2010, w których wielkość opadów była znaczna, poziom pozostałości był niższy, w porównaniu z sezonem 2008, w którym wielkość opadów nie odbiegała od średniej wieloletniej.
10. W badaniach modelowych stwierdzono, że wszystkie zastosowane adiuwanty spowalniały degradację metrybuzyny w glebie. Odnotowano wydłużenie czasu połowicznego rozkładu o 1,7–4,7 dni oraz wyższy poziom pozostałości po 66 dniach.
11. W analogicznych badaniach nie stwierdzono wpływu stosowanych adiuwantów na czas połowicznego rozkładu metamitronu. Odnotowano jednak wyższy poziom pozostałości tej substancji po 66 dniach w przypadkach stosowania metamitronu z dodatkiem adiuwantów.
12. Badania modelowe, prowadzone w kolumnach glebowych wykazały, że adiuwanty powodowały rozmycie herbicydów (Sencor 70 WG i Goltix 70 WG) w całym 15 cm profilu glebowym. Adiuwanty powodowały również znaczący wzrost wymywania z gleby metrybuzyny (2–3 razy), a w przypadku metamitronu (2–19 razy) w porównaniu z obiektami, gdzie stosowano herbicydy bez adiuwantów.

13. Zróźnicowanie uzyskanych wyników (skuteczność chwastobójcza, poziom i rozmieszczenie pozostałości) wskazuje, że powyższe wnioski nie mogą być wprost "przenoszone" na inne układy herbicyd–adiuwant. Dla każdego układu herbicyd–adiuwant powinny być przeprowadzone odrębne badania.

7. SPIS LITERATURY

1. Adamczewski K., Grala B., Stachecki S., 1996, *Ekonomiczne aspekty stosowania adiuwantów przy zwalczaniu chwastów*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 36 (1): 127–133;
2. Adamczewski K., Matysiak R., 1997, *Adiuwanty do środków ochrony roślin – podział i klasyfikacja*, Ochr. Roślin, 4/5: 16–18;
3. Adamczewski K., Matysiak R., 2005, *Znaczenie i korzyści wynikające ze stosowania adiuwantów z herbicydami sulfonylomocznikowymi*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 45 (1): 17–24;
4. Adamczewski K., Paradowski A., 2004, *Effect of adjuvants on biological efficacy of sulfosulfuron and propoxycarbazone – sodium for weed control in winter wheat and carryover effects*, J. Plant Prot. Res., 44 (4): 347–363;
5. Adamczewski K., Praczyk T., 1995, *Rape seed oil as a herbicide adjuvant in Poland*, Proc. 4th Intern. Symp. „Adjuvants for agrochemicals”. Melbourne, Australia, 374–378;
6. Aliverdi A., Mohassel M.H.R., Zand E., Mahallati M.N., 2009, *Increased foliar activity of clodinafop-propargyl and/or tribenuron-methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (Avena ludoviciana) and wild mustard (Sinapis arvensis)*, Weed Biology and Management, 9 (4): 292–299;
7. Alletto L., Coquet Y., Benoit P., Bergheaud V., 2006, *Effects of temperature and water content on degradation of isoproturon in three soil profiles*, Chemosphere, 64: 1053 – 1061;
8. Arias-Estévez M., López-Periago E., Martínez-Carballo E., Simal-Gándara J., Mejuto J.C., García-Río L., 2008, *The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources*, Agric., Ecosys. Environ., 123: 247–260;
9. Azevedo A.S., Kanwar R.S., Pereira L.S., 2000, *Atrazine Transport in Irrigated Heavy- and Coars- Textured Soils, Part I: Field Studies*, J. Agric. Eng. Res., 76 (2): 165–174;
10. Badowski M., Kucharski M., 2010, *Gramicydy w uprawie rzepaku ozimego – wpływ terminu aplikacji na skuteczność i pozostałości*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 50 (2): 851–855;

11. Been J.V., Zimmermann L.J.I., 2007, *What's new in surfactant?*, European Journal of Pediatrics, 166 (9): 889–899;
12. Bernardis M.L., Thelen K.D., Penner D., Muthukumaran R.B., McCracken J.L., 2005, *Glyphosate interaction with manganese in tank mixtures and its effect on glyphosate absorption and translocation*, Weed Sci., 53 (6): 787–794;
13. Buczek J., Tobiasz–Salach R., Bobrecka–Jamro D., 2010, *Skuteczność stosowania pełnych i zredukowanych dawek herbicydów w pszenicy jarej*, Annales UMCS, Agricultura, 65 (1): 9–17;
14. Capri E., Ghebbioni C., Trevisan M., 1995, *Metamitron and chloridazon dissipation in a silty clay loam soil*, J. Agric. Food Chem., 43 (1): 247–253;
15. Carins A.L.P., Smit G., Smit J.J., 2001, *Enhancement of sulfosulfuron activity by new additive*, The BCPC Conference – Weeds, 2: 683–688;
16. Cerejeira M.J., Viana P., Batista S., Pereira T., Silva E., Valério M.J., Silva A., Ferreira M., Silva–Fernandes A.M., 2003, *Pesticides in Portuguese surface and ground waters*, Water Res., 37 (5): 1055–1063;
17. Chandran R.S., Singh M., 1999, *Reduction of Norflurazon Leaching in a Sandy Soil by Adjuvants*, Bull. Environ. Contam. Toxicol. 62(3): 315–323;
18. Czaplicki E., Podgórska B., 1998, *Dyrektywa 91/414 Unii Europejskiej dotycząca wprowadzenia do obrotu środków ochrony roślin a prawodawstwo polskie*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 38 (1): 292–297;
19. Domaradzki K., 2006, *Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczenia dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych*, Monografie i Rozprawy Naukowe 17, Wyd. IUNG – PIB, Puławy, str. 15;
20. Domaradzki K., 2009, *Przeszłość, teraźniejszość i przyszłość ochrony roślin uprawnych przed chwastami*, Studia i Raporty IUNG – PIB, 18: 43–55;
21. Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T., 2001, *Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów*, Cz.1 Doświadczenia polowe, Wyd. IUNG – PIB, Puławy, 167 ss;
22. Domaradzki K., Sadowski J., 2002, *Możliwość zmniejszenia obciążenia dla środowiska naturalnego poprzez stosowanie herbicydów w ograniczonych dawkach*, Pam. Puł. 130/I: 99–114;

23. Drożdżyński D., 2006, *Residues and transfer of triazine herbicides in ground waters of intensively exploited arable land in Wielkopolska province of Poland*, J. Plant Prot. Res., 46 (2): 145–155;
24. Dyrektywa Rady 91/414 /EWG z dnia 15 lipca 1991, *dotycząca wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin*, Dz.U. L 230 z 19.08.1991, 32 ss;
25. Dyrektywa UE 2009/128/WE z dnia 21 października 2009, *ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów*, Dz.U. L 309 z 24.11.2009, 71 ss;
26. Foy C.L., 1989, *Adjuvants for Agrochemicals: Introduction, Historical Overview, and Future Outlook*, Adjuvants and Agrochemicals, CRC Press, ed. Chow P.N., vol. II: 1–15;
27. Gednalski J.V., Herzfeld R.W., 1994, *Homogenous herbicidal adjuvant blend comprising glyphosate, ammonium sulfate, and alkyl polysaccharide*, United States Patent, 5356861;
28. Gnusowski B., Nowacka A., Rzeszutko U., Jurys J., Giza I., Łozowicka B., Kaczyński P., Rutkowska E., Jankowska M., Szpyrka E., Rogozińska K., Rupa J., Machowska A., Słowik–Borowiec M., Kuźmenko A., Szala J., 2010, *Badania pozostałości środków ochrony roślin w paszach pochodzenia roślinnego w roku 2009*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 50 (4): 1893–1896;
29. Green J.M., Beestman G.B., 2007, *Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology*, Crop Protection, 26 (3): 320–327;
30. Gronwald J.W., Jourdan D.L., Wyse D.L., Somers D.A., Magnusson M., 1993, *Effect of ammonium sulfate on absorption of imazethapyr by quackgrass (Elytrigia repens) and maize (Zea mays) cell suspension cultures*, Weed Sci., 41 (3): 325–334;
31. Gupta S., Gajbhiye V. T., 2002, *Effect of concentration, moisture and soil type on the dissipation of flufenacet from soil*, Chemosphere, 47: 901–906;
32. Harker K.N., O'Sullivan P.A., 1988, *Ammonium sulphate enhances control of annual grass weeds in canola (Brassica campestris) with sethoxydim*, Can. J. Plant Sci., 68: 1087–1093,
33. Hazen J. L., 2000, *Adjuvants: Terminology, Classification, and Chemistry*, Weed Technol., 14 (4): 773–784;
34. Hess F.D., Foy C.L., 2000, *Interaction of Surfactants with Plant Cuticles*, Weed Technol., 14 (4): 807–813;

35. Holloway P.J., Butler Ellis M.C., Webb D.A., Western N.M., Tuck C.R., Hayes A.L., Millar P.C.H., 2000, *Effects of some agricultural tank-mix adjuvants on the deposition efficiency of aqueous sprays on foliage*, Crop Protection, 19: 27–37;
36. Hsiao A.I., Liu S.H., Quick W.A., 1996, *Effect of Ammonium Sulfate on the Phytotoxicity, Foliar Uptake, and Translocation of Imazamethabenz in Wild Oat*, J. Plant Growth Regul., 15: 115–120;
37. Hua R., Spliid N.H., Heinrichson K., Laursen B., 2009, *Influence of surfactants on the leaching of bentazone in a sandy loam soil*, Pest Management Science, 65 (8): 857–861;
38. Hunsche M., Scherhag H., Schmitz-Eiberger M., Noga G., 2007, *Influence of rain intensity and rapeseed oil ethoxylate adjuvants on biological efficacy of glyphosate*, J. Plant Dis. Prot., 114 (4): 176–182;
39. Huzar E., 2007, *Laboratoryjne badania wpływu adiuwantów na lotność trifluraliny*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 47 (3): 117–120;
40. Huzar E., 2008, *Stosowanie herbicydów z adiuwantami – możliwość zmniejszenia emisji lotnych związków do atmosfery*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (2): 612–616;
41. Idziak R., Woźnica Z., 2005, *Ocena efektywności adiuwantów dodawanych do herbicydów stosowanych w ochronie kukurydzy*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 45 (2): 716–718;
42. Idziak R., Woźnica Z., 2008, *Skuteczność chwastobójcza herbicydu Callisto 100 SC stosowanego z adiuwantami i nawozem mineralnym*, Acta Agrophysica, 11 (2): 403–410;
43. Idziak R., Woźnica Z., 2009, *Ocena efektywności adiuwantów olejowego i mineralnego w mieszaninach herbicydów Callisto 100 SC i Maister 310 WG stosowanych w ochronie kukurydzy*, Acta Sci. Pol., Agricultura, 8 (1): 17–26;
44. Idziak R., Woźnica Z., Waniorek W., 2006, *Skuteczność chwastobójcza herbicydu Maister 310 WG stosowanego z adiuwantami i nawozem mineralnym*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 46 (2): 226–228;
45. Jaworska M., 2005, *Wymagania stawiane ochronie roślin w aspekcie ochrony środowiska*, VII Ogólnopolska Sesja Popularnonaukowa „Środowisko a zdrowie – 2005”, Częstochowa;
46. Kierzek R., Adamczewski K., 2005, *Efektywność zwalczania chwastów dwuliściennych w pszenicy ozimej i jarej herbicydem Aminopielik 450 SL*

- z dodatkiem adiuwantów, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 45 (2): 785–789;
47. Kierzek R., Miklaszewska K., 2009, *Redukcja zachwaszczenia kukurydzy poprzez stosowanie herbicydów z adiuwantami oraz różnych technologii ochrony*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 49 (2): 811–818;
 48. Kierzek R., Miklaszewska K., 2010, *Wykorzystanie kondycjonerów wody i adiuwantów do poprawy aktywności biologicznej glifosatu*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 50 (3): 1167–1173;
 49. Kolpin D.W., Barbash J.E., Gilliom R.J., 2000, *Pesticides in Ground Water of the United States, 1992–1996*, Ground Water, 38 (6): 858–863;
 50. Kostowska B., Kramer H., Piasecka-Grzeszek A., 1982, *Wpływ terminu stosowania preparatu Cresopur na pozostałości benazoliny w glebie i rzepaku*, Pam. Puł. 78: 179–188;
 51. Kostowska B., Glabiszewski J., Kiepuł J., 1986, *Przemieszczanie się w glebie niektórych herbicydów stosowanych w ziemniakach, jęczmieniu jarym i kukurydzy w doświadczeniach lizymetrycznych*, Mat. XXVI Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Cz. II: 321–328;
 52. Kostowska B., Glabiszewski J., Sadowski J., Kiepuł J., 1992, *Przemieszczanie w profilu glebowym herbicydów stosowanych do odchwaszczania kukurydzy*, Mat. XXXII Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Cz. II: 164–167;
 53. Książek J., Magnuszewski T., 2009, *Ocena skuteczności zwalczania chwastów propizochlorem w uprawie kukurydzy*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 49 (1): 334–338;
 54. Kucharski M., 2007, *Impact of adjuvants on: phenmedipham, desmedipham and ethofumesate residues in soil and plant*, Pesticides, (3–4): 53–59;
 55. Kucharski M., 2008, *Regulacja zachwaszczenia – stan aktualny i potrzeby*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (1): 20–23;
 56. Kucharski M., 2010, *Chemiczna ochrona roślin przed chwastami – wpływ na środowisko*, Studia i Raporty IUNG – PiB, 19: 105–114;
 57. Kucharski M., Domaradzki K., 2008, *Stosowanie adiuwantów z metamitonem w zabiegach przedwschodowych – wpływ na skuteczność chwastobójczą oraz pozostałości herbicydu w glebie*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (1): 281–286;

58. Kucharski M., Domaradzki K., 2009, *Pozostałości herbicydów w wybranych roślinach uprawnych – badania z lat 2000 – 2008*, *Fragm. Agron.*, 26 (4): 74–80;
59. Kucharski M., Sadowski J., 2006, *Effect of adjuvants on herbicide residues level in soil and plant*, *J. Plant Dis. Protect.*, 20: 971–975;
60. Kucharski M., Sadowski J., 2007, *Wpływ adiuwantów na mobilność i pozostałości herbicydów w glebie*, *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 47 (4): 58–61;
61. Kucharski M., Sadowski J., 2009, *Degradation of Ethofumesate in Soil under Laboratory Conditions*, *Polish J. Environ. Stud.*, 18 (2): 243–247;
62. Kucharski M., Sadowski J., 2011, *Behaviour of metazachlor applied with additives in soil: Laboratory and field studies*, *J. Food Agric. Environ.*, 9 (3–4): 723–726;
63. Kucharski M., Sadowski J., Domaradzki K., 2006, *Pozostałości herbicydów w glebie i materiale roślinnym zależnie od techniki i terminu ich stosowania*, *Pam. Puł.* 142: 243–250;
64. Kudsk P., Mathiassen S.K., 2007, *Analysis of adjuvant effects and their interactions with variable application parameters*, *Crop Protection*, 26 (3): 328–334;
65. Kuś J., Jończyk K., 2005, *Dobra Praktyka Rolnicza w gospodarstwie rolnym*, Materiały szkoleniowe, Radom, s: 27;
66. Kwiatkowski C.A., Wesołowski M., 2011, *Wpływ adiuwantów oraz zredukowanych dawek środków ochrony roślin na zachwaszczenie pszenicy ozimej*, *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 51 (1): 348–353;
67. Liu Z.Q., 2004, *Effects of surfactants on foliar uptake of herbicides — a complex scenario*, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 35: 149–153;
68. Marecik R., Króliczak P., Czaczyk K., Białas W., Olejnik A., Cyplik P., *Atrazine degradation by aerobic microorganisms isolated from the rhizosphere of sweet flag (Acorus calamus L.)*, *Biodegradation*, 19: 293–301;
69. Maschhoff J.R., Hart S. E., Baldwin J., 2000, *Effect of ammonium sulfate on the efficacy, absorption, and translocation of glufosinate*, *Weed Sci.*, 48 (1): 2–6;
70. Matyjaszczyk E., 2007, *Wpływ przystąpienia do Unii Europejskiej na wybrane aspekty polskiego rynku środków ochrony roślin*, *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 47 (1): 72–78;

71. Matyjaszczyk E., 2008, *Rejestracja środków ochrony roślin w Polsce – uwarunkowani i stan aktualny*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (1): 34–40;
72. Matysiak R., Woźnica Z., Pudełko J., Skrzypczak G., 1995, *Adiuwanty do herbicydów – mechanizm działania*, Materiały 35. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, cz. 1: 67–86;
73. McCall P.J., 1988, *Effect of Chemical Structure, Temperature, Crop Oil Concentrate, and Bentazon on the Behavior of Haloxypop in Yellow Foxtail (Setaria glauca)–A Quantitative Modeling Approach*, Weed Sci., 36 (4): 424–435;
74. McMullan P.M., Thomas J.M., Volgas G., 1998, *HM9679 – A spray adjuvant for soil – applied herbicides*, Proc. 5th Internat. Symp. “Adjuvants for Agrochemicals” Memphis, Vol. I: 285–290;
75. McMullan P.M., 2000, *Utility Adjuvants*, Weed Technol., 14 (4): 792–797;
76. Mercier L., Serre I., Cabanne F., Gauvrit C., 1997, *Behaviour of alkyl oleates following foliar application in relation to their influence on the penetration of phenmedipham and quizalofop-P-ethyl*, Weed Res., 37 (4): 267–276;
77. Miklaszewska K., Adamczewski K., 2005, *Ocena działania nowych adiuwantów stosowanych z herbicydami Attribut 70 WG i Apyros 75 WG w pszenicy ozimej*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 45 (2): 914–918;
78. Miller P., Westra P., 1996, *Herbicide surfactants and adjuvants*, no. 0.559., Colorado State University Cooperative Extension 12/96, Crop Series: Soil;
79. Miller P., Westra P., 1998, *How surfactants work*, no. 0.564., Colorado State University Cooperative Extension 11/98, Crop Series: Production;
80. Mohamed A.T., El Hussein A.A., El Siddig M.A., Osman A.G., 2011, *Degradation of Oxyfluorfen Herbicide by Soil Microorganisms Biodegradation of Herbicides*, Biotechnology, 10: 274–279;
81. Nalewaja J.D., Matysiak R., 1991, *Salt antagonism of glyphosate*, Weed Sci., 39 (4): 622–628;
82. Nalewaja J.D., Matysiak R., 1992, *Species differ in response to adjuvants with glyphosate*, Weed Technol., 6 (3): 561–566;
83. Nalewaja J.D., Matysiak R., 1993, *Influence of diammonium sulfate and other salts on glyphosate phytotoxicity*, Pestic. Sci., 38 (2–3): 77–84;
84. Nalewaja J.D., Praczyk T., Matysiak R., 1995, *Surfactants and oil adjuvants with nicosulfuron*, Weed Technol., 9 (4): 689–695;

85. Nalewaja J.D., Skrzypczak G.A., 1986, *Absorption and translocation of sethoxydim with additives*, Weed Sci., 34 (5): 657–663;
86. Nalewaja J.D., Woźnica Z., Szeleźniak E., Ramsdale B., 2007, *Sequence of tank – mixing water conditioning adjuvants and herbicides*, Proceedings of the 8th International symposium on Adjuvants for Agrochemicals (Columbus);
87. Nowacka A., Gnusowski B., Walorczyk S., Drożdżyński D., Raczkowski M., Hołodyńska A., Frąckowiak D., Wójcik A., Ziółkowski A., Rzeszutko U., Domańska I., Jurys J., Łozowicka B., Kaczyński P., Rutkowska E., Jankowska M., Hrynko I., Szpyrka E., Rupa J., Rogozińska K., Kurdziel A., Słowik–Borowiec M., Michel M., Kuźmenko A., Szala J., 2011, *Pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych (rok 2010)*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 51 (4): 1723–1738;
88. Nowacka A., Gnusowski B., Walorczyk S., Drożdżyński D., Wójcik A., Raczkowski M., Hołodyńska A., Barylska E., Ziółkowski A., Chmielewska E., Rzeszutko U., Giza I., Jurys J., Łozowicka B., Kaczyński P., Rutkowska E., Jankowska M., Szpyrka E., Rupa J., Rogozińska K., Kurdziel A., Słowik–Borowiec M., Kuźmenko A., Szala J., Sadło S., 2010, *Pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych (rok 2009)*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 50 (4): 1947–1962;
89. Nowacki W., 2010, *Ziemniak – gatunkiem trudnym w uprawie narażonym na wysokie straty plonu handlowego*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 50 (3): 1174–1180;
90. O’Sullivan P.A., O’Donovan J.T., Hamman W.M., 1981, *Influence of non-ionic surfactants, ammonium sulphate, water quality and spray volume on the phytotoxicity of glyphosate*, Can. J. Plant Sci. 61: 391–400;
91. Otałęga Z., 1998, Encyklopedia biologiczna, Kraków OPRES, T.1, s: 38–39;
92. Piekarczyk M., 2005, *Możliwość redukcji dawek herbicydów Aminopielik Super 464 SL i Chisel 75 WG w odchwaszczaniu jęczmienia jarego*, Acta Sci. Pol., Agricultura 4(1): 89–95;
93. Pimentel D., 1995, *Amounts of pesticides reaching the target pests: environmental impacts and ethics*, J. Agric. Environ. Ethics, 8 (1): 17–29;
94. Polska Norma – PN-78/R-04011, 1978, *Materiał roślinny i gleba. Pobieranie próbek do ilościowego oznaczania pozostałości pestycydów*;

95. Polska Norma – PN-R-04108, 1997, *Gleba i materiał roślinny. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – pochodne chloroacetanilidów*;
96. Polska Norma – PN-R-04113, 1997, *Gleba i materiał roślinny. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – metamitron*;
97. Polska Norma – PN-R-04118, 1997, *Gleba i materiał roślinny. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – pochodne triazyn*;
98. Praczyk T., 1998, *Biologiczna aktywność nikosulfuronu stosowanego łącznie z adiuwantami*, Rozprawy Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Zeszyt 3, str. 49;
99. Praczyk T., 2001, *Rozwój badań i zastosowań adiuwantów w Polsce*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 41 (1): 110–113;
100. Praczyk T., Adamczewski K., 1996, *Znaczenie adiuwantów w chemicznej ochronie roślin*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 36 (1): 117–121;
101. Praczyk T., Bączkowska E., Balcer G., Kulczyński J., Dorna J., 2008, *Nowy adiuwant wspomagający aktywność niektórych herbicydów i fungicydów*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (2): 646–652;
102. Praczyk T., Skrzypczak G., 2004, *Herbicydy*, Państw. Wydaw. Rolnicze i Leśne – Poznań;
103. Pringnitz B., 1998, *Clearing up confusion on adjuvants and additives*, Iowa State University Extension Agronomy, <http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/qtr98-2/cropoils.htm>;
104. Przybulewska K., Sienicka K., 2008, *Decomposition of atrazine by microorganisms isolated from long-term herbicide experiment soil*, Ecol. Chem. Eng. S, 15 (4): 491–499;
105. Ratajkiewicz H., Wachowiak M., Kierzek R., 2008, *Rola parametrów opryskiwania i adiuwantów w skuteczności działania fungicydów przeciwko chwaścikowi buraka (*Cercospora beticola*)*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (3): 1101–1105;
106. Ratajkiewicz H., Woźnica Z., 2006, *Wpływ adiuwantów na skuteczność fungicydów w ochronie buraka ćwikłowego przed chwościkiem buraka (*Cercospora beticola*)*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 46 (2): 605–608;
107. Ratajkiewicz H., Woźnica Z., Sikorski M., 2007, *Ocena skuteczności mykoinsektycydów stosowanych z adiuwantami przeciwko mączlikowi szklarniowemu w stadium puparium*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 47 (1): 352–354;

108. Ratajkiewicz H., Woźnica Z., Bułka M., Kołczyk A., 2009, *Ocena roztoczobójczego działania adiuwantów olejowych na przędziorka chmielowca (*Tetranychus urticae* koch)*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 49 (3): 1220–1223;
109. Reddy K.N., Singh M., 1993, *Effect of Acrylic Polymer Adjuvants on Leaching of Bromacil, Diuron, Norflurazon and Simazine in Soil Columns*, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 50 (3): 449–457;
110. Ritter W.F., Chirnside A.E.M., Scarborough R.W., 1996, *Movement and degradation of triazines, alachlor, and metolachlor in sandy soils*, Journal of Environmental Science and Health. Part A: Environ. Sci. Eng. Toxicol., 31 (10): 2699–2721;
111. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007a r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz. U. Nr 61, poz. 417;
112. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 maja 2007b r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów, które mogą znajdować się w środkach spożywczych lub na ich powierzchni, Dz. U. Nr 119, poz. 817 oraz z 2008 r. Nr 8, poz. 51 (z późn. zm. Dz.U.08.102.655);
113. Rozporządzenie (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 lutego 2005 r. zmieniające dyrektywę Rady 91/414/EWG w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w żywności i paszy pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz na ich powierzchni, Dz. Urz. UE, L 70/1, z dnia 16.03.2008 r., (z późn. zm. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 149/2008 z dnia 29 stycznia 2008 r.);
114. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r., dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG;
115. Rupar J., Rogozińska K., Szpyrka E., Słowik–Borowiec M., Kurdziel A., 2011, *Kontrolne badania pozostałości środków ochrony roślin w paszach pochodzenia roślinnego wykonane przez laboratorium Terenowej Stacji Doświadczalnej Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Rzeszowie w latach 2006 – 2010*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 51 (1): 383–386;
116. Sadowski J., 2001, *Wpływ terminu stosowania na dynamikę rozkładu herbicydów w glebie*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 41 (1): 134–139;

117. Sadowski J., Kostowska B., 1988, *Stopień skażenia wód śródlądowych przez herbicydy*, Materiały XXVIII Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Cz. I: 85–93;
118. Sadowski J., Kostowska B., Rola J., 1994, *Monitoring wód powierzchniowych i gruntowych województwa wrocławskiego na zawartość herbicydów*, Materiały XXXIV Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Cz. I: 245–251;
119. Sadowski J., Kucharski M., 2006, *Herbicide Residues of Water in the Water – Collecting Area of Widawa River*, Polish J. Environ. Stud., 15 (5): 441–445;
120. Sadowski J., Kucharski M., Tokarz J., 2010, *Pozostałości herbicydów stosowanych w uprawie rzepaku*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 50 (4): 1967–1971;
121. Sadowski J., Kucharski M., Wujek B., Wysocki A., 2009, *Multipozostałości herbicydów w wodach powierzchniowych i gruntowych na terenach rolniczych Dolnego Śląska*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 49 (4): 1923–1930;
122. Sanyal D., Bhowmik P.C., Reddy K.N., 2008, *Effects of surfactants on primisulfuron activity in barnyardgrass (Echinochloa crus-galli [L.] Beauv.) and green foxtail (Setaria viridis [L.] Beauv.)*, Weed Biology and Management, 8: 46–53;
123. Schott J.J., Dufour J.L., Gauvrit C., 1991, *Effects of adjuvants on herbicidal action. III. Effects of petroleum and rapeseed oils on diclofop-methyl action on ryegrass*, Agronomie, 11 (1): 27–34;
124. Sekutowski T., Sadowski J., Kucharski M., 2008, *Dynamika zanikania i przemieszczanie w glebie chlorosulfuronu*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (4): 1250–1254;
125. Sharma S.D., Singh M., 2007, *Effect of Surfactant on Leaching of Pendimethalin in Florida Candler Fine Sand*, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 78 (1): 91–94;
126. Siłowiecki A., Stobiecki S., Nawrot J., Giza I., Murawska M., 1998, *Skażenie gleby i wód gruntowych powstałe na skutek rozszczelnienia mogilnika zawierającego nieprzydatne środki ochrony roślin*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 38 (1): 277–282;
127. Skrzypczak G.A., Nalewaja J.D., 1985, *Wpływ dodatków olejowych na pobieranie i przemieszczanie CGA – 82725, sethoxydim i fluazifop–butylu*, Roczn. Nauk Roln., Seria E, T. 15, Z. ½ : 159–165;
128. Stachecki S., Praczyk T., Adamczewski K., 2004, *Adjuvant effects on plant growth regulators in winter wheat*, J. Plant Prot. Res., 44 (4): 365–371;

129. Stagnari F., Onofri A., Covarelli G., 2006, *Influence of vegetable and mineral oils on the efficacy of some post-emergence herbicides for grass weed control in wheat*, J. Pesticide Sci., 31 (3): 339–343;
130. Stevens P.J.G., Kimberley M.O., Murphy D.S., Policello G.A., 1993, *Adhesion of spray droplets to foliage: the role of dynamic surface tension and advantages of organosilicone surfactants*, Pestic. Sci., 38 (2–3): 237–245;
131. Swarczewicz M.K., 1996, *Wpływ adiuwantów olejowych na trwałość trifluraliny w glebie lekkiej*, Zesz. Nauk. AR Szczecin, 173 (63): 211–217;
132. Swarczewicz M.K., Muliński Z., Zbieć I., 1998, *Influence of Spray Adjuvants on the Behavior of Trifluralin in the Soil*, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 60: 569–576;
133. Szala J., Kuźmenko A., 2011, *Kontrola poziomów pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych na terenie województwa dolnośląskiego w roku 2010*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 51 (2): 747–751;
134. Thelen K.D., Jackson E.P., Penner D., 1995, *The basis for the hard – water antagonism of glyphosate activity*, Weed Sci., 43 (4): 541–548;
135. Thompson W.M., Nissen S.J., Master R.A., 1996, *Adjuvant Effects on Imazethapyr, 2,4-D and Picloram Absorption by Leafy Spurge (Euphorbia esula)*, Weed Science, 44 (3): 469–475;
136. Topp E., Zhu H., Nour S.M., Houot S., Lewis M., Cuppels D., 2000, *Characterization of an Atrazine – Degrading Pseudaminobacter sp. Isolated from Canadian and French Agricultural Soils*, Appl. Environ. Microbiol., 66 (7): 2773–2782;
137. Tu M., Hurd C., and Randall J. M., 2001, *Weed Control Methods Handbook: Tools and Techniques for Use in Natural Areas*, The Nature Conservancy: Chapter 8 – Adjuvants: 8.1–8.24;
138. Turner D.J., Loader M.P.C., 1984, *Effect of ammonium sulphate and related salts on the phytotoxicity of dichlorprop and other herbicides used for broadleaved weed control in cereals*, Weed Res., 24 (1): 67–77;
139. Van der Werf H.M.G., 1996, *Assessing the impact of pesticides on the environment*, Agric. Ecosys. Environ., 60 (2–3): 81–96;
140. Vischetti C., Marucchini C., Leita L., Ceccon P., Giovanardi R., 1997, *Soil behaviour of metamitron in laboratory and lysimeter studies*, Agronomie, 17: 367–373;

141. Wang C.J., Liu Z.Q., 2007, *Foliar uptake of pesticides — Present status and future challenge*, Pestic. Biochem. Physiol., 87 (1): 1–8;
142. Wang Y.S., Duh J.R., Liang Y.F., Chen Y.L., 1995, *Dissipation of three s-triazine herbicides, atrazine, sirnazine, and ametryn, in subtropical soils*, Bull. Environ. Contain. Toxicol., 55: 351–358;
143. Włodarczyk M., Wybieralski J., Praczyk T., 2007, *Wpływ wielkości dawki flufenacetu na jego trwałość w glebie lekkiej*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 47 (3): 306–309;
144. Włodarczyk M., Wybieralski J., Praczyk T., 2008, *Wpływ adiuwantów na trwałość flufenacetu w glebie lekkiej w warunkach polowych*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (4): 1271–1275;
145. Woźnica Z., 1992, *Effect of water quality and adjuvants on phytotoxicity of glyphosate [oats and kochia (Kochia scoparia L.) as a bioassay plants]*, Roczn. Nauk Roln., Seria E, Ochrona Roślin, 22 (1–2): 97–101;
146. Woźnica Z., 2008a, *Herbologia*, Państw. Wydaw. Rolnicze i Leśne – Poznań;
147. Woźnica Z., 2008b, *AS 500 SL*, Farmer – portal nowoczesnego rolnika, <http://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/ochrona-roslin/as-500-sl,10708.html>;
148. Woźnica Z., Adamczewski K., Heller K., 2005, *Aktualne trendy badawcze z adiuwantami do środków ochrony roślin*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 45 (1): 524–532;
149. Woźnica Z., Idziak R., Szewczyk R., 2004, *Nowy, wielofunkcyjny adiuwant do herbicydów opartych na glifosacie*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 44 (1): 531–537;
150. Woźnica Z., Waniorek W., 2008, *Znaczenie kondycjonerów wody dla skuteczności chwastobójczej glifosatu*, Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (1): 329–335;
151. Woźnica Z., Woźnica Sz., 2004, *Wieloskładnikowy homogeniczny adiuwant do herbicydów*, Biuletyn Urzędu Patentowego, Nr 5 (788), str. 3;
152. WSSA – Weed Science Society of America, 1985, Weed Sci. Suppl., 33: 12–16;
153. Xia W.J., Onyuksel H., 2000, *Mechanistic Studies on Surfactant - Induced Membrane Permeability Enhancement*, Pharmaceutical Res., 17 (5): 612–618;
154. Zimny L., 2003, *Encyklopedia ekologiczno – rolnicza*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, str. 7;