

Hanna Gołębiowska

DYNAMIKA WYSTĘPOWANIA
FLORY SEGETALNEJ W UPRAWIE
KUKURYDZY NA DOLNYM ŚLĄSKU
W LATACH 1972–2008 I OBECNE
MOŻLIWOŚCI JEJ REGULACJI

MONOGRAFIE
I ROZPRAWY
NAUKOWE

30

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION
STATE RESEARCH INSTITUTE

Dyrektor: *prof. dr hab. Wiesław Oleszek*

Redaktor: *prof. dr hab. Janusz Podleśny*

Recenzent: *prof. dr hab. Zenon Woźnica*

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *mgr Katarzyna Mikulska*

ISBN 978-83-7562-089-4

Nakład 150 egz., B-5, zam. 51/B/11
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB w Puławach
tel. (81) 8863421 w. 301 i 307; fax (81) 8863421 w. 302
e-mail: duw@iung.pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

Hanna Gołębiowska

DYNAMIKA WYSTĘPOWANIA FLORY SEGETALNEJ
W UPRAWIE KUKURYDZY NA DOLNYM ŚLĄSKU
W LATACH 1972–2008 I OBECNE MOŻLIWOŚCI JEJ REGULACJI

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL BADAŃ	7
2. PRZEGLĄD LITERATURY	11
2.1. ZMIANY W ZACHWASZCZENIU UPRAW KUKURYDZY	11
2.1.1. Wpływ czynników biotycznych, abiotycznych i ekologicznych na stan zachwaszczenia	13
2.1.2. Wpływ zróżnicowanych technologii uprawy kukurydzy na stan zachwaszczenia	17
2.1.3. Wpływ niezamierzonej oraz świadomej działalności człowieka na stan zachwaszczenia	20
2.1.4. Wpływ konkurencyjnego oddziaływania chwastów w uprawie kukurydzy	21
2.2. BADANIA BIORÓŻNORODNOŚCI ZBIOROWISK CHWASTÓW	23
2.3. OGRANICZANIE ZACHWASZCZENIA W UPRAWACH KUKURYDZY W LATACH 1965–1995	24
2.4. WSPÓŁCZESNE METODY OGRANICZANIA ZACHWASZCZENIA W UPRAWIE KUKURYDZY	27
3. METODYKA BADAŃ	30
3.1. OCENA STANU ZACHWASZCZENIA NA PLANTACJACH KUKURYDZY ZRÓŻNICOWANYCH POD WZGLĘDEM STANOWISKA GLEBOWEGO, TECHNIKI UPRAWY I INTENSYWNOŚCI GOSPODAROWANIA	31
3.1.1. Ocena stanu zachwaszczenia metodą fitosocjologiczną	31
3.1.2. Ocena stanu zachwaszczenia metodą ramkową	33
3.2. USTALENIE OPTYMALNYCH TERMINÓW USUWANIA CHWASTÓW DLA TRZECH DOMINUJĄCYCH GATUNKÓW W BADANIACH MIKROPOLETKOWYCH	35
3.3. OCENA DZIAŁANIA SYSTEMÓW HERBICYDOWYCH W REGULACJI ZACHWASZCZENIA NA RÓŻNYCH TYPACH GLEB W WARUNKACH POŁOWYCH	37
3.4. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH HERBICYDÓW I ADIUWANTÓW	41
3.5. WSPÓLDZIAŁANIE ADIUWANTÓW W MIESZANINACH Z HERBICYDAMI W NISZCZENIU CHWASTÓW W WARUNKACH DOŚWIADCZEŃ WAZONOWYCH	42
3.6. STATYSTYCZNE OPRACOWANIE WYNIKÓW	43

4. WYNIKI BADAŃ	44
4.1. ZMIANY W BIORÓŻNORODNOŚCI ZACHWASZCZENIA KUKURYDZY NA TRZECH TYPACH GLEB ZACHODZĄCE NA PRZESTRZENI LAT 1972–2008	44
4.2. WPŁYW SYSTEMÓW UPRAWY ROLI NA BIORÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWĄ CHWASTÓW SEGETALNYCH	50
4.3. ZMIENNOŚĆ ZACHWASZCZENIA W ZALEŻNOŚCI OD TYPU GLEBY I WIELKOŚCI GOSPODARSTWA.....	55
4.4. KONKURENCYJNE ODDZIAŁYWANIE CHWASTÓW W ZALEŻNOŚCI OD OKRESU WYSTĘPOWANIA W ŁANIE KUKURYDZY	66
4.5. MOŻLIWOŚCI OGRANICZANIA ZACHWASZCZENIA Z ZASTOSOWANIEM ZOPTYMALIZOWANYCH DAWEK HERBICYDÓW W ZALEŻNOŚCI OD ZBIOROWISKA CHWASTÓW I WARUNKÓW SIEDLISKA.....	73
4.6. WSPÓLDZIAŁANIE ADIUWANTÓW W MIESZANINACH Z HERBICYDAMI STOSOWANYMI W OBNIŻONYCH DAWKACH	83
5. DYSKUSJA	88
5.1. OCENA ZAGROŻENIA UPRAWY KUKURYDZY PRZEZ ZBIOROWISKA CHWASTÓW W ZALEŻNOŚCI OD TYPU GLEBY I TECHNOLOGII UPRAWY	88
5.2. EFEKTYWNOŚĆ NISZCZENIA CHWASTÓW Z WYKORZYSTANIEM ZOPTYMALIZOWANYCH DAWEK HERBICYDÓW NA STANOWISKACH O RÓŻYM STOPNIU ZACHWASZCZENIA.....	92
5.3. PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA CHEMICZNYCH METOD REGULACJI ZACHWASZCZENIA	94
6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	96
7. LITERATURA.....	99
8. STRESZCZENIE/SUMMARY	110

1. WSTĘP I CEL BADAŃ

Początek uprawy kukurydzy w Polsce przypada na lata dwudzieste ubiegłego wieku. W tym czasie, gdy produkcja pszenicy zmniejszyła się o 15%, żyta o 25%, jęczmienia o 22%, owsa o 11% w stosunku do okresu sprzed I wojny światowej, a kukurydza stała się częściowo alternatywą dla brakujących zbóż, powierzchnia jej uprawy nie przekraczała 100 tys. ha (Urban 2009). Po II wojnie światowej do intensywnego rozwoju uprawy kukurydzy przyczyniło się przeprowadzenie reformy rolnej, kolektywizacja małych gospodarstw rolnych w wielkoobszarowe gospodarstwa spółdzielcze i państwowe, głównie na terenach zachodniej Polski, a zwłaszcza wprowadzenie uchwały rządowej o zwiększeniu obszaru uprawy kukurydzy wykorzystywanej jako tania pasza dla bydła.

Warunki klimatyczne Polski umożliwiały prowadzenie tego kierunku użytkowania kukurydzy na terenie całego kraju, a rosnące pogłowie bydła i owiec powodowało, że powierzchnia jej uprawy zwiększała się, osiągając w 1980 roku poziom 680,4 tys. ha. Jednakże przekształcenia własnościowe zachodzące w sektorze państwowym pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia doprowadziły do gwałtownego zmniejszenia powierzchni zasiewów kukurydzy, zwłaszcza przeznaczonej na kiszonkę, do poziomu 181 tys. ha w 1995 roku. Natomiast uprawa kukurydzy na ziarno, początkowo możliwa tylko w południowych rejonach Polski charakteryzujących się najkorzystniejszymi warunkami termicznymi, obejmowała powierzchnię zaledwie 52,2 tys. ha (Michalski i in. 1996). Szybki postęp w hodowli, dostępność stabilnie plonujących odmian zarówno zagranicznych, jak i krajowych charakteryzujących się możliwością dojrzewania na obszarze całej Polski oraz dobra koniunktura cenowa spowodowały dynamiczny wzrost powierzchni zasiewów kukurydzy uprawianej według technologii ziarnowej (GUS 2009).

Zainteresowanie uprawą kukurydzy jest ciągle duże, a wielkość jej produkcji będzie uzależniona od przyznawanych przez Unię Europejską dopłat do produkcji mleka i mięsa. Kiszonka z kukurydzy jest najbardziej ekonomiczną i energetyczną paszą objętościową dla zwierząt przeżuwających, tzn. bydła mlecznego i opasowego, natomiast ziarno kukurydzy znajduje zastosowanie w żywieniu trzody chlewnej i drobiu.

Mimo postępu zachodzącego w polskiej hodowli mieszańcowej kukurydza nadal pozostaje rośliną ciepłolubną potrzebującą do prawidłowej wegetacji sumy efektywnych temperatur od 1300 do 1600°C w całym sezonie wegetacyjnym (Michalski i in. 1996, Dubas 2004, Siódmiak 2004). Dlatego najlepsze warunki do wzrostu, rozwoju i plonowania występują na dobrze nasłonecznionych, urodzajnych glebach w rejonie południowo-zachodniej Polski.

Wskaźnikiem wyznaczającym termin siewu kukurydzy jest okres kwitnienia tarniny i mniszka polnego, co w tym rejonie przypada na drugą dekadę kwietnia. Największym zagrożeniem w uzyskaniu zadowalającego plonu kukurydzy jest konkurencyjne oddziaływanie chwastów na jej prawidłowy wzrost i rozwój w całym

okresie wegetacji (Dubas 2004). Przez pierwsze tygodnie wegetacji kukurydza rośnie bardzo powoli, a pojawiające się w szerokich międzyrzędziach chwasty konkurują z nią o wodę, składniki pokarmowe i światło. Ponadto mogą obniżać temperaturę gleby, a niektóre z nich, jak np. przytulia czepna (*Galium aparine* L.), znacznie utrudniają jej zbiór. Spośród chwastów pospolicie występujących w zasiewach kukurydzy przez wiele lat dominowały: perz właściwy [*Elymus repens* (L.) Goud], komosa biała (*Chenopodium album* L.), ostrożeń polny [*Cirsium arvense* (L.) Scop.], chwastnica jednostronna [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.], skrzyp polny (*Equisetum arvense* L.), rdest powojowaty [*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve], gwiazdnica pospolita [*Stellaria media* (L.) Vill], fiołek polny (*Viola arvensis* Murray) i rumian polny (*Anthemis arvensis* L.) (Rola i Rola 1987a i 1987b). Początkowo kukurydzę uprawiano w Polsce na małoobszarowych plantacjach, głównie w gospodarstwach indywidualnych, a chwasty z międzyrzędzi usuwano ręcznie. W latach międzywojennych do tego celu wykorzystywano różnego rodzaju pielniki. Jednak mechaniczne odchwaszczanie było bardzo pracochłonne i mało skuteczne, często dochodziło do uszkodzeń systemu korzeniowego kukurydzy, co obniżało jej plonowanie, a pozostające niezniszczone w rzędach chwasty dalej z nią konkurowały.

W okresie powojennym eliminowanie chwastów z plantacji kukurydzy przeprowadzano, uwzględniając właściwe zmianowanie, mechaniczne odchwaszczanie przedplonu, wykonywanie pełnego zespołu uprawek późniwnych, wczesnej orki przedzimowej i uprawek przedsięwnych z użyciem bron i włók, zaś herbicydy, głównie organiczne, stanowiły jedynie uzupełnienie tych zabiegów (Rola i Rola 1987a, Krasowicz 2001, Praczyk i Skrzypczak 2004).

W wielkoobszarowych gospodarstwach rolnych w latach 60. i 70. ubiegłego wieku warunkiem uzyskania wysokiego plonu było jak najdłuższe zapewnienie ochrony kukurydzy przed zachwaszczeniem z wykorzystaniem herbicydów. Ich asortyment w uprawie kukurydzy był początkowo ubogi i ograniczał się głównie do stosowania 2–4 D, MCPA i innych pochodnych kwasu fenoksyoctowego o działaniu systemicznym hamującym procesy biochemiczne większości chwastów. Chemiczną metodę zwalczania chwastów w kukurydzy zrewolucjonizowały herbicydy triazynowe, a zwłaszcza atrazyna i symazyna. Dzięki wysokiej selektywności i skuteczności niszczenia jednorocznych gatunków dwuliściennych oraz niektórych jednoliściennych możliwe było całkowite zastąpienie odchwaszczania mechanicznego zabiegami chemicznymi. Początkowo herbicydy częściej stosowano przedwzschodowo, co umożliwiało wykonanie zabiegu niezależnie od warunków pogodowych. Wysoka tolerancja kukurydzy na pochodne triazynowe umożliwiała ich stosowanie aż do fazy 3–4 liści kukurydzy. Istotną cechą herbicydów triazynowych była możliwość łączenia z innymi środkami, co znacznie zwiększało spektrum zwalczanych chwastów. Stosowano je często w dużych dawkach, np. Gesatop 50 WP zawierający symazynę – od 2 do 4 kg·ha⁻¹. Jednak herbicydy te charakteryzowały się bardzo powolnym rozkładem w glebie (do 120 dni) i z tego względu po zbiorze kukurydzy niemożliwa była uprawa zbóż ozimych (Rola 1982, Praczyk i Skrzypczak 2004).

Pomimo niebezpieczeństwa, jakie stwarzały dla środowiska herbicydy triazynowe przez ponad pięćdziesiąt lat wykorzystywano je do niszczenia wielu pospolitych chwastów, między innymi: komosy białej, szarłatu szorstkiego (*Amaranthus retroflexus* L.), fiołka polnego, maruny bezwonnej (*Tripleurospermum inodorum*), jasnot (*Lamium* spp.) czy ostrożeńca polnego (*Cirsium arvense*), a w dużych dawkach nawet chwastnicy jednostronnej, perzu właściwego i włośnic (*Setaria* spp.). Wieloletnie i jednostronne stosowanie tych środków miało również niekorzystny wpływ na środowisko naturalne na skutek przenikania do wód pierwszego poziomu użytkowego i ujawniło zjawisko uodporniania się niektórych gatunków chwastów (Sadowski 1996, Rola i Rola 2002), co doprowadziło do całkowitego wycofania tych herbicydów z użycia w 2007 roku (Matyjaszczyk 2007).

Zakaz stosowania atrazyny zaktywizował firmy chemiczne do syntetyzowania nowych substancji biologicznie czynnych spełniających wymagania dobrej praktyki rolniczej i nowoczesnych technologii uprawy. Rolę tę w ostatnich latach spełniają herbicydy sulfonylomocznikowe, które zastosowane nawet w bardzo małych dawkach charakteryzują się dużą aktywnością biologiczną. Środki te aplikowane po wschodach kukurydzy eliminują z uprawy szerokie spektrum chwastów jednoliściennych oraz dwuliściennych jednorocznych i wieloletnich. Aktualnie do odchwaszczania kukurydzy w terminie powstania zaleca się rimsulfuron, nikosulfuron, sulkotrion, tritosulfuron, tifensulfuron-metylu, foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy.

W najbliższych latach wykorzystywanie herbicydów do regulacji zachwaszczenia będzie nadal szybkim i opłacalnym sposobem utrzymania plantacji wolnej od chwastów i w najbliższym czasie pozostanie nieodzownym elementem agrotechniki, a intensywność zachwaszczenia będzie determinowała wybór skutecznego i opłacalnego sposobu jego regulacji, warunkującego uzyskanie wysokiego plonu.

Wprowadzane w ostatnich latach zmiany w technologii uprawy kukurydzy – uproszczenia uprawowe, duże wysycenie płodozmianów zbożami oraz uprawa jej w monokulturze istotnie wpływają na różnicowanie składu ilościowego i jakościowego flory segetalnej, przyczyniają się do wzrostu wzajemnego konkurencyjnego oddziaływania chwastów w zbiorowisku, ujawniania się bardziej ekspansywnych taksonów i wzrostu ich zagrożenia w stosunku do roślin uprawnych (Gołębiowska i in. 2004).

Zmiany w technologii uprawy i nawożenia kukurydzy z jednej strony przyczyniają się do podnoszenia wskaźników produkcji rolniczej, z drugiej zaś stwarzają pośrednio dogodne warunki dla wzrostu i rozwoju chwastów segetalnych. Ponadto chwasty, jako organizmy o dużych możliwościach propagacji (wysoka produkcja i żywotność nasion, różnorodne sposoby rozmnażania generatywnego i wegetatywnego), szybko dopasowują się do środowiska i cyklu rozwojowego rośliny uprawnej. Ponieważ zbiorowiska chwastów segetalnych ulegają ciągłym zmianom, zalecane herbicydy nie zawsze spełniają oczekiwania, co do skutecznego ich niszczenia.

Obecnie, zgodnie z zaleceniami dobrej praktyki ochrony roślin, powstała potrzeba opracowania nowoczesnych systemów odchwaszczania upraw rolniczych, co zapewni stabilizację plonów, a w przypadku niskiego zachwaszczenia, znacznie ograniczy wydawanie nasion przez chwasty (Adamczewski i Dobrzański 1997, Rola 1999). Systemy te powinny uwzględniać przestrzeganie doboru herbicydów do występujących gatunków chwastów, rotacji herbicydów zapobiegającej selekcji biotypów odpornych oraz wprowadzanie ograniczonych dawek poprzez łączne stosowanie herbicydów z adiuwantami.

Ochrona roślin, w tym regulacja zachwaszczenia z uwzględnieniem herbicydów, jest niezbędnym elementem propagowanego obecnie rolnictwa zrównoważonego łączącego w sobie wymiar ekonomiczny, społeczny i przyrodniczy (Krasowicz i Kopiński 2006, Kuś i Stalenga 2006). Świadome działanie na rzecz ochrony środowiska rolniczego powinno zmierzać w kierunku takiej eksploatacji zasobów naturalnych (gleba, składniki mineralne, mikroflora, mikrofauna), by można było zapewnić optymalną produkcję płodów rolnych z możliwością odtwarzania ekosystemów dla następnych pokoleń. Natomiast stosowanie środków ochrony roślin przeciwko chwastom, szkodnikom i chorobom powinno ograniczać się do koniecznego minimum, w dawkach precyzyjnie dobranych do ich zagrożenia (Domaradzki 2006).

Hipoteza badawcza zakłada, że istotny wpływ na poziom produkcji kukurydzy, poza właściwą agrotechniką, mają efektywne metody regulacji zachwaszczenia. O ich skuteczności decyduje między innymi znajomość ciągłych przeobrażeń zachodzących w zbiorowiskach flory segetalnej pod wpływem czynników ekologicznych, w tym wzajemnego, konkurencyjnego ich oddziaływania. Ponieważ agrofitycenozy te są układami niestabilnymi, a lista gatunkowa tych zbiorowisk stale ulega zmianie, to zalecane metody i sposoby ich regulacji nie zawsze spełniają oczekiwania, co do efektywności niszczenia, dlatego też na przestrzeni lat powinny być stale modyfikowane oraz dostosowywane do zachodzących zmian.

Celem podjętych badań było:

- a) przedstawienie dynamiki zmian stanu i stopnia zachwaszczenia w uprawie kukurydzy na przestrzeni lat 1972–2008;
- b) ocena bioróżnorodności zbiorowisk chwastów na plantacjach kukurydzy w zależności od typu gleby, wielkości gospodarstwa oraz technologii uprawy roli;
- c) adaptacja optymalnego modelu statystycznego pozwalającego ocenić wpływ stanowiska glebowego i sposobu gospodarowania na zmiany stanu i stopnia zachwaszczenia kukurydzy;
- d) opracowanie możliwości regulacji zachwaszczenia kukurydzy z uwzględnieniem obniżonych dawek herbicydów i ich mieszanin w oparciu o:
 - znajomość krytycznych okresów konkurencji chwastów,
 - dobór adiuwantów.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. ZMIANY W ZACHWASZCZENIU UPRAW KUKURYDZY

Poszczególnym grupom upraw rolniczych towarzyszą charakterystyczne zbiorowiska chwastów, których cykl rozwojowy oraz wymagania siedliskowe są ściśle z nimi powiązane. Przez biologów i ekologów nazywane są one antropogenicznymi, nitrofilnymi zbiorowiskami pól uprawnych (Matuszkiewicz 2001). Zbiorowiska gatunków segetalnych razem z roślinami uprawnymi tworzą zespoły, które mimo tego, że cechują się przypadkowością, krótkotrwałością oraz dużą zmiennością, można opisywać metodami fitosocjologicznymi (Rola 1962, Rola i Kuźniewski 1977).

Liczne opracowania z lat 1978–1989 poświęcone zachwaszczeniu rolniczych jednostek terytorialnych o randze makroregionów posłużyły do opracowania listy chwastów pospolicie występujących na obszarze Polski, takich jak: perz właściwy, miotła zbożowa [*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv], komosa biała, ostrożeń polny, chaber bławatek (*Centaurea cyanus* L.), chwastnica jednostronna, skrzyp polny, rdest powojowaty, gwiazdnica pospolita, fiołek polny, aż do wykazu chwastów o znaczeniu regionalnym: przetacznik perski (*Veronica persica*), rumianek pospolity [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert], owies głuchy (*Avena fatua* L.), szarłat szorstki, tomka wonna (*Anthoxanthum odoratum* L.) (Rola i Kuźniewski 1978, Wójcik 1978, Kuźniewski 1988, Mirek i in. 1995, Latowski 2002, Mirek 2004).

Najpospolitszym zbiorowiskiem chwastów występującym w uprawach rolniczych, m.in. kukurydzy, na terenie całego kraju jest zbiorowisko z dominacją komosy białej. W wielkopowierzchniowych uprawach kukurydzy, występujących na glebach gliniasto-piaszczystych Dolnego Śląska, powszechnie spotykane są również zbiorowiska *Echinochloo-Setarietum* lubiące lekko kwaśne gleby oraz zbiorowiska chwastów *Polygono-Chenopodietalia* pojawiające się po zakończeniu uprawek pielęgnacyjnych (Matuszkiewicz 2001).

Przeprowadzony przez Rolę (1972) w latach 1972–1992 monitoring zachwaszczenia pól uprawnych kukurydzy wykazał, że w rejonie południowo-zachodniej Polski dominowały: chwastnica jednostronna, komosa biała i gwiazdnica pospolita. Ponadto na zasobnych czarnoziemach w dużym nasileniu spotykano szarłat szorstki, a na glebach lekkich perz właściwy. Natomiast rdest powojowaty i rdest plamisty (*Polygonum persicaria*) oraz włośnice pojawiały się wprawdzie rzadziej i w mniejszym nasileniu, ale utrzymywały się w zasiewach aż do zbioru. Wykazano także, że szarłat szorstki na glebach zasobnych w próchnicę zasiedlał 55–95% plantacji kukurydzy w nasileniu od 1 do 15% pokrycia gleby, komosa biała w całym rejonie dominowała na 80–100% plantacji kukurydzy i pokrywała glebę powyżej 25%. Wysoką stałość fitosocjologiczną osiągały również przytulia czepna, fiołek polny i rumian polny (Rola i in. 1992).

Z listy florystycznej zbiorowisk chwastów towarzyszących obecnie uprawie kukurydzy wynika, że na czarnoziemach w rejonie południowo-zachodniej Polski nadal

dominują chwastnica jednostronna, komosa biała i szarłat szorstki. Ponadto zaobserwowano wzrost udziału w zbiorowiskach włośnicy zielonej [*Setaria viridis* (L.) P. Beauv.], przytulii czepnej, rdestu powojowatego oraz fiołka polnego (Gołębiowska 2007a). Podobny stan zachwaszczenia notuje się na terenach Saksonii, w rejonie klimatycznie i glebowo zbliżonym do Dolnego Śląska. Z listy 166 gatunków chwastów dwuliściennych dominowały: komosa biała, gwiazdnica pospolita, rdest powojowaty, chwasty rumianowate (*Anthemis* ssp.), fiołek polny, rdest ptasi (*Polygonum aviculare* L.), jasnoty, przytulia czepna, perz właściwy, a spośród 36 gatunków jednoliściennych najczęściej spotykano chwastnicę jednostronną i włośnicę oraz samosiewy roślin rolniczych. Natomiast szarłat szorstki występował w średnim nasileniu i dość często; zanotowano również pojawianie się psianki czarnej (*Solanum nigrum* L. emend. Mill.) (Merthens i in. 2005).

Na przestrzeni ostatnich lat w kształtowaniu składu gatunkowego upraw rolniczych coraz większe znaczenie odgrywają czynniki agrotechniczne wynikające ze zmian w produkcji rolniczej (Rola i Rola 1987a, Domaradzki i Rola 2002). Badania prowadzone przez Rolę (1962) wykazały, że trwałość zbiorowisk segetalnych jest wyższa w konwencjonalnych uprawach płuznych, gdzie również zachowane jest zmianowanie roślin uprawnych. Niezależnie od uprawianej rośliny w płodozmianie, corocznie występowały wszystkie gatunki chwastów wchodzące w skład zbiorowiska, a o ich składzie ilościowym i jakościowym decydował całokształt zabiegów uprawowych (Rola 1962, Rola i Rola 1987a).

Zmiany technologii uprawy, uproszczenia uprawowe, a zwłaszcza siew bezpośredni mogą w pierwszych latach stosowania na tyle kształtować środowisko rolnicze, że przy obecnym swobodnym przepływie towarów możliwa jest migracja obcych gatunków lub ujawnienie się w zbiorowiskach gatunków ekspansywnych (Pawłowski i in. 1987, Bintsanga-Malounguidi 1999, Rola i Rola 2002, Lipa 2005, Domaradzki i in. 2008).

Czarnecka (1997) uważa, że powszechne stosowanie herbicydów prowadzi do ubożenia zbiorowisk upraw rolniczych i tworzenia w nich nowego stanu równowagi. Jednak prowadzone od kilkunastu lat uproszczenia w agrotechnice, przywracanie terenów odłogowanych do rolniczego wykorzystania, jednostronne stosowanie herbicydów, jak i anomalie pogodowe przyczyniają się do braku stabilności i ciągłych zmian w składzie gatunkowym tych zbiorowisk (Holst i in. 2007).

Jak wynika z prac Hurlle i in. (1988), podobne tendencje w zachwaszczeniu obserwowano na terenie Niemiec, gdzie w okresie 40–50 lat nasilenie pospolitych chwastów w uprawach rolniczych zmniejszyło się o 20–40%. Pomimo to lista gatunków segetalnych jest nadal liczna i stale ulega zróżnicowaniu. Również na terenie Francji pod wpływem różnych modyfikacji uprawowych, blisko trzydziestoletniego stosowania herbicydów triazynowych oraz powolnego wchodzenia nowych systemów ochrony kukurydzy nadal w zbiorowiskach tych panuje duża bioróżnorodność i obserwuje się ich liczne przekształcenia (Fried i in. 2005).

Na plantacjach kukurydzy, zwłaszcza w rejonie Dolnego Śląska, w ostatnich latach narasta zjawisko pojawiania się form ozimych uciążliwych gatunków, np. przytulii czepnej czy przetacznika perskiego, przenikania niektórych taksonów ze zbóż do kukurydzy, jak: blekotu pospolitego (*Aethusa cynapium* L.), stulichy psiej [*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl] czy przytulii czepnej w płodozmianach silnie wysyconych zbożami i kukurydzą (Rola i Rola 1995a, Łęgowski i in. 1987, Domaradzki i Rola 2002). Obserwuje się również obecność obcych, niespotykanych dotąd na naszych polach gatunków, jak zaśláz pospolity (*Abutilon theophrasti* Medik.) zasiedlający niektóre rejony na południu Polski (Domaradzki i in. 2008).

Stała obserwacja i rozpoznanie stopnia zachwaszczenia, różnorodności gatunkowej zbiorowisk chwastów segetalnych oraz dynamiki zmian zachodzących w tych agrocenozach w zależności od stanowiska glebowo-przyrodniczego może znacznie ułatwić podjęcie nowoczesnej strategii ich eliminowania, co warunkuje uzyskanie wysokich i dobrych jakościowo plonów kukurydzy (Marshall i in. 2003, Trzcńska-Tacik 2003).

2.1.1. Wpływ czynników biotycznych, abiotycznych i ekologicznych na stan zachwaszczenia

Zarówno organizmy żywe występujące w danym środowisku, jak i czynniki nieorganiczne – abiotyczne, mogą w sposób bezpośredni lub pośredni oddziaływać na siebie oraz warunkować rozmieszczenie i liczebność zbiorowisk chwastów. Wśród tych czynników również warunki pogodowe oraz ukształtowanie powierzchni terenu mogą zasadniczo wpływać na ich strukturę, produktywność i przestrzenny zasięg (Aldrich 1997, Adamczewski i Dobrzański 1997, Bintsanga-Malounguidi 1999, Valone i Hoffman 2003).

Wszelkie uwarunkowania i procesy zachodzące w danym środowisku nazywane czynnikami ekologicznymi oddziałują również na rozwój populacji chwastów, a na przestrzeni lat przyczyniają się do ciągłych przekształceń tych agrocenoz, prowadząc do ich rozprzestrzenienia się oraz introdukcji. Podstawowymi czynnikami ograniczającymi udział gatunków w zbiorowisku są bariery biotyczne. W zbiorowisku wykształcają się oddziaływania allelopatyczne zarówno pomiędzy poszczególnymi gatunkami, jak i rośliną uprawną oraz tworzą się mechanizmy stabilizujące równowagę w poszczególnych agrobiocenozach (Bochenek i Hołdyński 1996, Solarz 2007). W zbiorowiskach chwastów segetalnych niektóre gatunki o wysokim stopniu poliploidalności, jak gwiazdnica pospolita czy krwawnik pospolity (*Achillea millefolium*) mogą wytwarzać formy charakteryzujące się bardzo rozległym zasięgiem (Korczyński i Jassem 1996).

Stan zachwaszczenia, a zwłaszcza bioróżnorodność zbiorowisk chwastów jest determinowana czynnikami siedliskowymi zależnymi od stanowiska glebowego. Z aktualnych opracowań dotyczących stanu zachwaszczenia na terenie województwa dolnośląskiego wynika, że największe zagrożenie na glebach kompleksów

pszennego bardzo dobrego i dobrego w latach 1998–2006 stanowiły takie gatunki, jak: chwastnica jednostronna, komosa biała i szarłat szorstki. Na kompleksach glebowych żytnim bardzo dobrym i dobrym notowano wysokie nasilenie chwastnicy jednostronnej, włośnic, komosy białej i rdestów – powojowatego, ptasiego i plamistego (*Polygonum persicaria*). Natomiast zbiorowisko chwastów występujące na glebach kompleksów żytniego dobrego i słabego składało się głównie z chwastnicy jednostronnej, perzu właściwego, komosy białej, bratka polnego i chwastów rumianowatych (Gołębiowska 2007b).

Na przestrzeni lat w zachwaszczeniu zachodzą również zmiany ilościowe wynikające zarówno z warunków glebowych, jak i czynników agrotechnicznych związanych z działalnością człowieka. Występowanie charakterystycznych zbiorowisk chwastów uzależnione jest w dużej mierze od właściwości fizycznych i chemicznych gleby, a zwłaszcza od jej odczynu. Wskaźnikiem gleb zbytnio zakwaszonych jest obecność w zasiewach kukurydzy skrzypu polnego i sporka polnego. Natomiast gatunki azotolubne, takie jak: komosa biała, pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica* L.), pokrzywa żegawka (*Urtica urens* L.), przytulia czepna, maruna bezwonna, rdest plamisty, wilczomlecz obrotny (*Euphorbia helioscopia* L.), często spotyka się na glebach żyznych i bogatych w azot (Woźnica 2008).

Na zróżnicowanie populacji chwastów może mieć wpływ również poziom zawartości próchnicy w glebie. Burton i in. (2006) udowodnili, że w kukurydzy pielonej mechanicznie, w zależności od tego, czy wschodzące chwasty pojawiały się w wierzchniej warstwie uprawianej gleby o wyższej zawartości materii organicznej czy w dolnej o niższej zawartości, notowano statystycznie udowodnione różnice w ich liczebności, grubości łodyg, wysokości i biomasie, a także różnice w terminach ukazywania się poszczególnych faz rozwojowych.

Analiza czynników abiotycznych, w tym warunków termicznych i opadów dla Polski w trzydziestolecu 1971–2000 wykazała, że wartość średniej rocznej temperatury powietrza dla całego kraju wynosi 8,0°C, a więc jest o 0,3°C wyższa od notowanej w latach 1961–1990. Jeszcze cieplejsza była ostatnia dekada XX wieku, w której przyrost średniej temperatury rocznej w porównaniu do okresu 1961–1990 wynosił 0,6°C. Natomiast sumy opadów atmosferycznych uśrednione dla obszaru Polski w porównywalnych okresach 1961–1990, 1971–2000 i 1991–2000 wynoszące odpowiednio: 609, 601, 612 mm nie uległy większym zmianom (Górski i Zaliwski 2002, Zawora i in. 2005). Na skutek zmian warunków termicznych w okresie wegetacji roślin dochodzi do przyśpieszenia początku faz rozwojowych, takich jak: kiełkowanie, kwitnienie, owocowanie i dojrzewanie chwastów (Kwiatkowska-Anioł 1998, Stuczyński i in. 2000, Kozyra 2004). Łagodne zimy i wczesne przedwiośnia pobudzają szybszy rozwój chwastów, narażając kukurydzę w pierwszym okresie rozwoju na silniejszą konkurencję z ich strony.

Wcześniejsze rozpoczęcie wegetacji w niektórych rejonach Dolnego Śląska często skłania do siewów kukurydzy już na początku kwietnia (Kozyra 2004). Zbyt wcześnie wykonane siewy chroniące kukurydzę przed suszą nie zabezpieczają jej

wschodów przed majowymi przymrozkami. Taki układ pogodowy nie zagraża natomiast rozwojowi wielu gatunków chwastów, zwłaszcza powojowi polnemu czy niektórych gatunków rdestowatych, których konkurencyjność i ekspansja mogą być bardzo uciążliwe w uprawach uproszczonych. Chwasty te już na początku wegetacji kukurydzy są dobrze rozwinięte, często z formami, które przetrwały bezśnieżną zimę, przez to są trudniej niszczone, co sprzyja zachwaszczeniu wtórnemu (Latowski i in. 1997, Kwiatkowska-Anioł 1998, Gołębiowska 2008).

Z prac wielu autorów wynika, że na obszarze Europy Środkowej na produkcję biomasy chwastów korzystniej wpływa dostępność wody niż temperatura czy inne warunki siedliskowe (Hurle i in. 1988). W uprawie kukurydzy ilość opadów od kwietnia do maja jest czynnikiem silniej decydującym o poziomie zachwaszczenia niż suma temperatur w tym okresie (Adamczewski i in. 1994, Michalski i in. 1996).

W doświadczeniu prowadzonym przez Stefanovič i in. (2005) oraz Stefanovič i Simič (2005) w regionie środkowej Serbii stwierdzono, że w sezonach o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych wytwarzanie świeżej masy chwastów można ograniczać, uprawiając kukurydzę w mniejszej rozstawie rzędów. Badano zachowanie się takich gatunków chwastów, jak: palusznik krwawy (*Digitaria sanguinalis* L.), powój polny (*Convolvulus arvensis* L.) i *Sorgum halepense* (L.) Pers. w różnych warunkach wilgotnościowych utrzymywanych przez sztuczne nawadnianie i porównywano do obiektu z suszą. Dostosowanie gęstości siewu kukurydzy do warunków wilgotnościowych pozwoliło ograniczyć konkurencję chwastów.

Poznanie termiczno-wilgotnościowych wymagań nasion niektórych chwastów umożliwia wyznaczenie za pomocą modeli matematycznych terminu ich kiełkowania i prognozowanie, o ile opóźnić lub przyspieszyć siew rośliny uprawnej, by ograniczyć konkurencyjność chwastów (Borowiec i in. 1970, Egley i Williams 1991, Leguizamon i in. 2004, Melander i in. 2005). W badaniach Adamczewskiego i in. (1994) układ tych warunków miał wpływ na wzrost zagrożenia między innymi chwastnicą jednostronną, włośnicami, komosą białą, rdestem kolankowatym, ostrożeńcem polnym i powojem polnym.

Znajomość faz fenologicznych krzewów i drzew np. forsycji zielonej (*Forsythia viridissima*), lilaka pospolitego (*Syringa vulgaris* L.), śliwy tarniny (*Prunus spinosa* L.), róży wielokwiatowej (*Rosa multiflora* Thunb.), jarzębiny (*Sorbus aucuparia*), których terminy kwitnienia czy owocowania zbiegają się z pełnią wschodów chwastów, takich jak: żółtlica drobnokwiatowa, rdest powojowaty, komosa biała, powój polny, palusznik krwawy, psianka czarna, tasznik pospolity, gwiazdnica pospolita, przetacznik perski, może służyć ustaleniu optymalnych terminów zwalczania gatunków dominujących w danej uprawie (Ghersa i Holt 1995, Otto i in. 2005). Potwierdzeniem tych obserwacji są badania prowadzone przez Kazinczi i in. (2006), które wskazują, że nieusunięcie powoju polnego w terminie kwitnienia *Prunus spinosa* powoduje po tym terminie wzrost jego odporności na herbicydy. Przy obsadzie 9 roślin·m⁻² tego gatunku plon ziarna kukurydzy obniżył się o 66% w porównaniu do wcześniejszej aplikacji przy tym samym pokryciu gleby przez ten gatunek.

Według Radosevicha i in. (1997) zarówno czynniki abiotyczne, biotyczne, jak i agrotechniczne stymulują bądź hamują kiełkowanie nasion oraz dalszy wzrost i rozwój chwastów, przez co zbiorowiska te są w stanie ciągłej zmienności. Podstawowym źródłem zachwaszczenia upraw są nagromadzone w glebie diasporę chwastów określane jako glebowy bank nasion (Grundy i Jones 2002). Ilość nasion w tym banku, a także liczba gatunków zależą od rodzaju gleby, czynników klimatycznych, ekologicznych, chemicznych i fizycznych, które z jednej strony warunkują wytwarzanie, rozsiewanie i rozprzestrzenianie nasion chwastów, a z drugiej wpływają na ich przeżywalność w glebie (Fernandez-Quintanilla 1988, Bochenek 2004). W aspekcie ewolucyjnym glebowy bank nasion zapewnia stabilność i różnorodność gatunków zbiorowisk roślinnych, zaś od strony ekologicznej nasiona chwastów oraz organy rozmnażania wegetatywnego zgromadzone w glebie uważane są za główne źródło potencjalnego zachwaszczenia pola (Falińska i in. 1994, Duer i Feledyn-Szewczyk 2000).

Nasiona chwastów znajdujące się w glebie różnią się zdolnością kiełkowania w zależności od gatunku. W optymalnych warunkach wschodzą nawet po upływie kilkudziesięciu lat, istotnie zagrażając uprawom rolniczym (Wesołowski 1984). Wschody nasion z wierzchniej warstwy gleby w największym stopniu decydują o liczbie i gatunkach chwastów pojawiających się w łanie danej rośliny uprawnej. Redukowanie liczby nasion polega na zapobieganiu gromadzenia nowych diaspor oraz eliminowaniu tych, które już znajdują się w glebie (James i in. 2002, Sekutowski i Rola 2006). Rozmieszczenie diaspor w glebie jest uzależnione od wielu czynników, między innymi od systemu uprawy oraz płodozmianu. W obu przypadkach zarówno systemy płuzne, bezpłuzne, jak i wieloletnie monokultury zbóż czy kukurydzy mają zasadniczy wpływ na liczbę i rozmieszczenie nasion chwastów (Witkowski 1998, Witkowski i in. 2000, Voll i in. 2001, Cardinia i in. 2002, Lutman 2002, Mohler i in. 2006). W uprawie orkowej są one rozmieszczone równomiernie w warstwie do 25 cm, w uproszczonej uprawie bezorkowej zdecydowana większość znajduje się w warstwie do 15 cm, natomiast w uprawie zerowej większość znajduje się na powierzchni roli (Zawiślak 1980, Bochenek i Hołdyński 1996). W wyniku płuznych zabiegów uprawowych poprzez równomierne przemieszczanie nasion w profilu glebowym można zredukować liczbę kiełkujących nasion (Pawłowski i Wesołowski 1980, Wesołowski 1984, Feledyn-Szewczyk i Duer 2004). Podobny efekt dają mechaniczne uprawki pielęgnacyjne wyciągające słabo ukorzenione siewki chwastów. Jednak ograniczanie liczebności diaspor w glebowym banku nasion z najlepszym skutkiem można osiągnąć, łącząc odpowiednią agrotechnikę z chemicznymi metodami chwastobójczymi (Bochenek 2002 i 2004, Albrecht 2005).

Chwasty, jako rośliny wskaźnikowe mogą służyć do oceny warunków ekologicznych panujących w zbiorowisku ich bytowania, czyli w uprawach rolniczych. Szczególnie przydatne w tej ocenie są pojedyncze gatunki roślin w zbiorowisku. Niektóre czynniki ekologiczne siedliska, takie jak stosunki termiczne, uwilgotnienie gleby, zasobność w azot, aktywność biologiczną gleby można określać, wykorzy-

stując bioindykacyjną metodę Ellenberga. Na czarnych ziemiach wysoki wskaźnik naświetlenia upraw rolniczych wynika z obecności krótkotrwałych gatunków, takich jak np. niezapominajka polna [*Myosotis arvensis* (L.) Hill], przetacznik perski, a obecność gatunków ciepłolubnych, jak: mak polny (*Papaver rhoeas* L.) czy wilczomlecz obrotny (*Euphorbia helioscopia*) może świadczyć o korzystnych warunkach termicznych tych gleb, zaś nasilone występowanie perzu właściwego charakteryzuje chłodne gleby brunatne (Borowiec 2003).

W warunkach intensywnego gospodarowania istotne stało się dążenie do uproszczeń technologii uprawy kukurydzy, odchodzenie od tradycyjnego płodozmianu, duże wysycenie go zbożami bądź nawet wieloletnie uprawianie jej na tym samym stanowisku. W tej sytuacji czynniki ekologiczne czy siedliskowe zaczęły odgrywać drugorzędną rolę w różnicowaniu zbiorowisk chwastów (Domaradzki 2006).

2.1.2. Wpływ zróżnicowanych technologii uprawy kukurydzy na stan zachwaszczenia

Z wielu danych literaturowych wynika, że nieprawidłowy dobór herbicydów i zła technika ich stosowania w uproszczonych metodach uprawy roli stwarzają znacznie odmienne warunki dla rozwoju roślin uprawnych i chwastów (Wójcik 1978, Rola i Rola 1993 i 1995a, Rola i in. 1998). Wszelkie uproszczenia uprawowe, a zwłaszcza siew bezpośredni może powodować ponad 30% wzrost zachwaszczenia upraw rolniczych. Także płodozmiany z dużym wysyceniem zbóż i kukurydzy są bardziej narażone na zachwaszczenie (Kordas i Parylak 1998).

Deryło i Szymankiewicz (1996) dowiedli, że wzrost udziału zbóż w zmianowaniu do 100% może spowodować nawet dwukrotnie większe nasilenie zachwaszczenia, głównie przez gatunki jednoroczne o krótkim okresie wegetacji. Ponadto Pawłowski i in. (1987) podają, że wysycenie płodozmianu roślinami zbożowymi powoduje wzrost liczby gatunków oraz nasilenia zachwaszczenia w kolejnych latach uprawy. Również szereg doniesień zarówno z literatury zagranicznej (Arshad i in. 1994, Streit i in. 2000), jak i krajowej (Dzienia i in. 1998) wskazuje na wzrost zachwaszczenia pól w warunkach siewu bezpośredniego. Duży problem w bezpługnej uprawie roli stanowiły chwasty wieloletnie i jednoliścienne, których zwalczanie sprawiało duże trudności (Dycker i in. 1992, Buhler i in. 1996).

W doświadczeniach prowadzonych na glebie płowej w warunkach uprawy uproszczonej stwierdzono mniejsze zachwaszczenie gatunkami dwuliściennymi jednorocznymi, takimi jak: komosa biała, fiołek polny, bodziszek drobny (*Geranium pusillum* Burm. f. ex L.), rumian polny i nieco większe chwastnicą jednostronną w porównaniu z uprawą tradycyjną. Natomiast na czarnych ziemiach zanotowano mniejszą liczbę chwastów zarówno jednoliściennych, jak i dwuliściennych w uprawie uproszczonej, zwłaszcza z zastosowaniem wczesnego siewu (Gierczyk i in. 2003, Gołębiowska 2008).

Podobne badania przeprowadzone w Niemczech wykazały również, że w warunkach uprawy bezpłużnej następuje szybsze w porównaniu z orką tradycyjną rozprzestrzenienie się chwastów jednoliściennych i wieloletnich przy jednoczesnym ograniczaniu liczebności gatunków dwuliściennych jednorocznych.

Bezpłużna uprawa, w tym siew bezpośredni, powoduje, że większość nasion chwastów występuje w górnej warstwie gleby, a spulchnianie bruzdki siewnej redlicami tylko w tym miejscu stwarza korzystne warunki dla licznych wschodów chwastów (Wójcik 1978, Cardinia i in. 2002, Mohler i in. 2006). Ten sposób uprawy powtarzany w przeciągu kilku lat prowadzi do zmniejszenia liczebności nasion chwastów w górnych warstwach gleby (Opic 1998, Wrzesińska i in. 2003).

Niektóre badania podkreślają, że brak zabiegów mechanicznych oraz gruba warstwa mulczu ograniczają liczebność kiełkujących chwastów (Teasdale i in. 1991, Vidal i Bauman 1994). Natomiast płytkie spulchnianie roli w uprawie uproszczonej pobudza ich kiełkowanie (Schmidt i Stahl 1999, Schmidt i in. 1999). Jednak nierównomierne zaopatrzenie chwastów w wodę w warunkach uprawy bezpłużnej powoduje, że wschodzące chwasty w warstwie słomy szybciej zamierają przy krótkotrwałym niedoborze opadów (Cardinia i in. 2002, Mohler i in. 2006). Brak mieszania gleby w wariacie siewu bezpośredniego przyczynia się do mniejszej liczebności gatunków chwastów, pomimo znacznej ilości nasion w powierzchniowej warstwie gleby.

Uprawa zarówno konwencjonalna, jak i uproszczona niszczą w dużej części wschodzące chwasty, jednak równocześnie sprzyjają kiełkowaniu nasion poprzez lepsze dotlenienie i ogrzanie gleby. Niektóre gatunki chwastów uzależnione są od tak zwanej reakcji świetlnej, która pobudza nasiona do kiełkowania (Klümper i in. 1996, Podleśny i Podleśna 1997). Przy braku dostępu światła nasiona chwastów, pomimo że zalegają w wierzchniej warstwie gleby, pozostają w stanie spoczynku, nie zachwaszczając zasiewów zbóż (Cardinia i in. 2002, Mohler i in. 2006). Ograniczenie zachwaszczenia w uprawach uproszczonych jest również związane z wydzielaniem przez warstwę mulczu substancji hamujących rozwój niektórych gatunków chwastów (Teasdale i in. 1991, Vidal i Baumann 1994). Powyższe doniesienia tłumaczą fakt mniejszego zachwaszczenia obiektów w uprawie bezorkowej w porównaniu do siewu bezpośredniego i uprawy konwencjonalnej (Weber 2002). Większa różnorodność gatunkowa chwastów w uprawie konwencjonalnej niż w systemie bezpłużnym wskazuje na zróżnicowaną zdolność przystosowania się do skrajnych warunków środowiskowych (Arshad i in. 1994).

Wyniki badań nad wpływem uprawy uproszczonej, konwencjonalnej lub siewu bezpośredniego na zachwaszczenie zbóż i kukurydzy wskazują na zróżnicowaną skuteczność tych samych herbicydów użytych w zastosowanych systemach uprawy (Dycker i in. 1992, Cardinia i in. 2002). Wyższa aktywność biologiczna górnych warstw gleby, gruba okrywa mulczu, resztki poźniwne oraz związki organiczne próchnicy w uprawach bezpłużnych utrudniają działanie środków chwastobójczych i obniżają ich skuteczność (Shumway i Koide 1994). Z tego też względu w nie-

których opracowaniach wskazuje się na większe zachwaszczenie pól w warunkach siewu bezpośredniego niż w uprawie płuźnej (Carter i in. 2002). Dlatego w siewie bezpośrednim zaleca się przedwschodowe stosowanie herbicydów systemicznych na bazie glifosatu przenikających poprzez części nadziemne, aż do korzeni i podziemnych organów rozmnażania chwastów (Beulke i i Malkomes 1996, Hommel i Pallut 2004). Wieloletnie stosowanie herbicydów systemicznych spowodowało znacznie mniejsze zachwaszczenie w uprawach bezpłuźnych w porównaniu z konwencjonalną metodą uprawy (Mohler 1993).

Jak dowodzą prace Momirovic i in. (1997) oraz Wilson i Worsham (1988), możliwa jest uprawa kukurydzy z zastosowaniem uproszczonych metod uprawy roli, w których orkę zastępuje się głębszym lub płytszym spulchnianiem gleby. W każdym wariantcie obserwuje się jednak wzrost zachwaszczenia w stosunku do uprawy tradycyjnej, co może wynikać również z faktu, że kukurydza siana w mniejszej rozstawie wolniej wschodzi. Najlepsze efekty niszczenia zbiorowisk chwastów jedno- i dwuliściennych w tych wariantach uprawowych uzyskano po aplikacji powschodowo nikosulfuronu (Momirovic i in. 1997).

Wilson i Worsham (1988), porównując różne metody uprawy kukurydzy z wykorzystaniem orki lub kultywatorowania łącznie z zastosowaniem herbicydów, za najbardziej skuteczne w niszczeniu chwastów uznali uprawki przedsiewne z herbicydami (pendimetalina + atrazyna). Natomiast same uprawki przedsiewne bez zastosowania herbicydów redukowały początkowo występowanie chwastów do 86%, lecz pozostające na polu nieusunięte chwasty spowodowały później 40% zniżkę plonu ziarna.

Ammon i in. (1995), prowadząc prace nad możliwością ograniczenia zachwaszczenia kukurydzy przez zastosowanie siewu z roślinami ochronnymi, najlepsze rezultaty otrzymali, siejąc żyto w międzyrzędzia kukurydzy. Możliwe jest ograniczenie zachwaszczenia w łanie kukurydzy zwłaszcza gatunkami jednoliściennymi, stosując uproszczoną uprawę z wykorzystaniem herbicydów. Podstawą w tych działaniach jest stosowanie jesienią glifosatu i wiosną nikosulfuronu po wschodach kukurydzy lub w okresie wiosennym – glifosatu przed wschodami i nikosulfuronu po wschodach. We wszystkich przypadkach wystąpiło znaczące ograniczenie zachwaszczenia w porównaniu z uprawą tradycyjną (Rola i Rola 1995b, Gierczyk i in. 2003, Holst i in. 2007).

Należy pamiętać, że wieloletnie jednostronne stosowanie herbicydów prowadzi do sukcesji uodpornionych biotypów w obrębie wrażliwego gatunku chwastu, a stosowanie zmianowania herbicydowego pozwala na uniknięcie tego zjawiska (Rubin 1996).

W przyszłości istnieje możliwość zastosowania transgenicznych odmian kukurydzy wykazujących całkowitą odporność na herbicydy, które jednocześnie będą niszczyły wszystkie chwasty w tej uprawie, co jest obecnie możliwe w przypadku odmian odpornych na glifosat (Cremer i in. 1996, Rupalla 1997).

Zmiany w agrotechnice kukurydzy spowodowały również konieczność poszukiwania odmian odznaczających się możliwie niewielką obniżką plonowania przy minimalizacji nakładów na uprawę roli, nawożenie i chemiczną ochronę zasiewów (Varga i in. 2001).

2.1.3. Wpływ niezamierzonej oraz świadomej działalności człowieka na stan zachwaszczenia

Na terenach użytkowanych rolniczo coroczna uprawa gleby czy zmianowanie roślin uprawnych powodują, że towarzyszące im zbiorowiska chwastów są mniej urozmaicone i nietrwałe. W zbiorowiskach tych obok gatunków rodzimych utrzymujących się w swych siedliskach przez wiele lat pojawiają się gatunki pochodzące z innych zbiorowisk, z terenów ruderalnych lub nawet z rejonów geograficznie znacznie oddalonych, zawleczone do naszego rejonu nieświadomie, np. uczep amerykański (*Bidens melanocarpus* L.), przymiotno kanadyjskie (*Erigeron canadensis* L.), szarłat szorstki, szczawik żółty (*Oxalis stricta* L.), żółtlica drobnokwiatowa (*Galinsoga parviflora* Cav.) (Pawłowski 1972). Gospodarstwa stosujące duże dawki nawożenia oraz charakteryzujące się intensywnym poziomem ochrony roślin, nie tylko przed chwastami, lecz również przed chorobami i szkodnikami, stanowią barierę dla chwastów migrujących z terytorialnie obcych rejonów, ale już w gospodarstwach ekstenywnych oraz na terenach przywracanych do rolniczego wykorzystania występują dogodne warunki dla ich wzrostu i rozwoju (Lipa 2005, Solarz 2007).

W ostatnim okresie, również wskutek świadomych strategii prowadzonych przez człowieka w produkcji roślin rolniczych (duże wysycenie płodozmianów zbożami, uprawa bezplużna i monokultury), obserwuje się dynamiczne zmiany zachodzące w zbiorowiskach chwastów towarzyszących tym uprawom (Miklaszewska i Pağowska 2007, Domaradzki i in. 2008, Gołębiowska 2008). Dane literaturowe dowodzą, że trwałość tych agrofitycenozy jest wyższa w konwencjonalnych uprawach plużnych, gdzie również zachowane jest prawidłowe zmianowanie roślin uprawnych (Stupnicka-Rodzinkiewicz i Lepiarczyk 2004). Początkowo gatunki o niskiej liczebności, ale stale obecne stanowią małe zagrożenie w tych zbiorowiskach i w skali siedliska można łatwo uchwycić ich rozwój, zasięg i rozprzestrzenianie (Sebert-Cuvillier i in. 2007).

Do groźnych gatunków chwastów inwazyjnych, których obecność w Polsce w ostatnim czasie wzrasta należy ambrozja bylicolistna. Z danych literaturowych wynika, że przy ocieplającym się klimacie może ona stanowić potencjalne zagrożenie dla upraw kukurydzy (Miklaszewska i Pağowska 2007, Fumanal i in. 2008). Zdarza się, że, jeżeli znacznie ograniczy się występowanie komosy białej czy rdestu ptasiego w uprawie kukurydzy, to zostanie stworzona nisza ekologiczna dla ambrozji bylicolistnej i mogą powstać korzystne warunki do jej zasiedlenia.

Natomiast w rejonie Dolnego Śląska w ostatnich latach obserwuje się obecność innego inwazyjnego gatunku zawleczonego z południa Europy – zaślazu pospolite-

go, którego szkodliwość wynika z wysokiej siły konkurencyjnej. Jako roślina o dużej zawartości włókna (do 25% w suchych łodygach) może znacznie utrudniać zbiór, a przy pokryciu gleby w ilości 9 roślin na 1 mb straty plonu ziarna z tego powodu mogą sięgać nawet 17% (Schmenk 1994, Domaradzki i in. 2008).

Z danych literaturowych wiadomo, że niektóre gatunki chwastów są w stanie konkurować z „obcymi taksonami”. Na przykład szarłat szorstki potrafi stworzyć zamknięte, niedostępne dla obcych gatunków odrębne fitocenozy (Holst i in. 2007). Podobne ekspansywne działanie stwierdzono u gatunków z rodzaju bylic (*Artemisia* ssp.) charakteryzujących się wysokim potencjałem allelopatycznym z uwagi na syntezę związków należących do terpenów. Oddziaływanie związków allelopatycznych wytwarzanych przez bylice może dotyczyć nie tylko samych roślin, ale także mikroorganizmów glebowych.

Pojawienie się nowych, niepożądanych gatunków silnie wypierających inne taksony z ekosystemów, poza ich zubożeniem, przynosi wymierne straty ekonomiczne. Również błędy wynikające ze źle dobranych herbicydów do stanu i stopnia zachwaszczenia oraz fazy rozwojowej roślin mogą prowadzić do kompensacji agresywnego gatunku. Widocznym objawem konkurencji o składniki pokarmowe jest chloroza kukurydzy, np. wywołana kompensacją bodziszka drobnego, a nasilenie komosy białej silnie konkurującej o światło prowadzi do etiolizacji tej rośliny uprawnej (Gołębiowska 2006 i 2007a).

Na polach uprawnych obserwuje się również lokalne migracje niektórych ekspansywnych gatunków chwastów o wysokiej sile konkurencji, jak np.: bylica pospolita, chwasty rumianowate oraz rdesty, zwłaszcza rdest ptasi, wypierające gatunki charakterystyczne dla poszczególnych agrobiocenoz (Simard i in. 2002, Gruber i in. 2004).

Również zwiększająca się w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku powierzchnia odłogów i ugorów stworzyła możliwość przenikania z terenów ruderalnych gatunków dotąd niespotykanych w agrocenozach, jak np. bylica pospolita (Gołębiowska 2007a).

2.1.4. Wpływ konkurencyjnego oddziaływania chwastów w uprawie kukurydzy

Kukurydza spośród wszystkich roślin zbożowych jest najbardziej podatna na konkurencję ze strony chwastów, a jednym z warunków niezbędnych do efektywnego zastosowania środków chwastobójczych jest wyznaczenie krytycznego okresu ich konkurencji w łanie, który pozwala na ustalenie, w jakim okresie nieusunięte lub ponownie wyrastające chwasty towarzyszące kukurydzy wpływają na obniżenie plonowania oraz jak długi jest wymagany okres bez całkowitego zachwaszczenia, przy którym uzyskane plony są najwyższe (Dawson 1986).

W pierwszych tygodniach wegetacji kukurydza zwiększa swą masę zaledwie o 2–3%, podczas gdy pojawiające się w tym okresie w szerokich międzyrzędziach

chwasty o 15–18%. Konkurencja komosy białej czy chwastnicy jednostronnej o składniki pokarmowe, takie jak: azot, potas czy fosfor, może prowadzić do znacznego obniżenia plonów i jakości ziarna (Rola 1986, Rola i Rola 1993). Ponadto przy niekorzystnym przebiegu pogody, niskich temperaturach opóźniających wschody kukurydzy i dużej ilości opadów, im wyższy poziom zachwaszczenia, tym znaczniejsze jest konkurencyjne oddziaływanie chwastów na roślinę uprawną prowadzące do obniżenia plonu (Dzieżyc i in. 1987, Hurst 1991, Frantic 1994, Bogdan 2002).

Z badań prowadzonych przez Villasana i in. (2004) nad ustaleniem zagrożenia przez chwasty pozostawione w łanie kukurydzy w różnych terminach wynika, że kukurydza bezwzględnie wymaga stanowiska wolnego od chwastów w okresie od 25 do 30 dni po wschodach, ponieważ w tym czasie konkurencja chwastów jest najwyższa, a jej skutkiem są straty w plonach wynoszące 73% w stosunku do obiektu niezachwaszczonego. Również w badaniach nad ustaleniem optymalnego terminu usuwania *Cyperus rotundus*, szarłatu szorstkiego, portulaki pospolitej (*Portulaca oleracea* L.) i komosy białej uzyskane wyniki wyznaczają okres wolny od zachwaszczenia od fazy 3 do 7 liści kukurydzy, a najpóźniej do osiągnięcia fazy 10 liści (Dogan i in. 2004). Z danych literaturowych wynika również, że nieusunięcie chwastnicy jednostronnej z łanu w okresie 2–6 tygodni po wschodach kukurydzy wpływało ujemnie na jej plonowanie, powodując obniżkę plonu ziarna od 12 do 69% (Rola 1986). Jest to dowodem na to, że w przypadku silnego zachwaszczenia, chwasty powinny być usunięte z łanu najpóźniej do osiągnięcia fazy 2–4 liści, tzn. w okresie 2–4 tygodni od wschodów kukurydzy (Rola 1986, Rola i Rola 1993, Lemerle i in. 2000, Williams 2006).

W gospodarstwach o integrowanym sposobie produkcji decyzję o mechanicznym usuwaniu gatunków segetalnych powinno podejmować się również w oparciu o obserwacje ich wschodów, tempa kiełkowania i przyrostu biomasy. Początek i koniec krytycznego okresu konkurencji chwastów wyznacza obniżenie plonu kolb o około 5%. Ustalenie tego optymalnego terminu dla wcześniej pojawiających się chwastów ułatwia podjęcie decyzji o użyciu środków do zwalczania gatunków późnowschodzących, jak komosa biała, zaśláz pospolity, ambrozja bylicolistna (*Ambrosia artemisiifolia* L.) bez ryzyka uszkodzenia kukurydzy.

Przy ustalaniu progów szkodliwości chwastów występujących w zasiewach kukurydzy powinno brać się pod uwagę odległość od skraju uprawy, gdyż wewnątrz łanu warunki wilgotnościowe i świetlne silnie ograniczają ich rozwój i przeżywalność. Płodność wyżej wymienionych chwastów rosnących na skraju uprawy jest od 2 do 4 razy większa od rosnących wewnątrz plantacji, mimo takiej samej odległości od roślin kukurydzy. Nawet po aplikacji herbicydów przeżywalność nasion chwastów rosnących na skraju była większa niż uzyskanych ze środka uprawy (Auškalnienė 2006).

W dalszych badaniach prowadzonych przez Auškalnienė (2006) porównywano podatność kukurydzy i jęczmienia jarego na zachwaszczenie jednorocznymi gatunkami dwuliściennymi. W celu ograniczenia konkurencji chwastów zastosowa-

no większą gęstość siewu. Kukurydza okazała się bardziej wrażliwa na konkurencję chwastów od jęczmienia jarego. Podczas trwania krytycznego okresu konkurencji chwastów do około miesiąca od wschodów kukurydzy nieusunięte chwasty w zależności od nasilenia spowodowały 50% i wyższą obniżkę plonu kukurydzy uprawianej na zielonkę, natomiast w jęczmieniu zanotowano zmniejszenie plonów jedynie od 10 do 25%.

2.2. BADANIA BIORÓŻNORODNOŚCI ZBIOROWISK CHWASTÓW

Zbiorowiska chwastów występujące na określonej powierzchni tworzą skupienia wielogatunkowe o zróżnicowanym układzie przestrzennym nazywane fitocenoza-
mi, a w uprawach rolniczych agrofitecenoza-
mi. Charakterystykę tych zbiorowisk opisuje się, podając takie informacje, jak np.: ilościowość (pokrycie powierzchni fitocenozy przez dany gatunek), towarzyskość (sposób skupiania się osobników różnych gatunków w fitocenozie), żywotność (pozwala ocenić, w jakim zespole dany gatunek znajduje optymalne warunki rozwoju wegetatywnego i generatywnego), wierność fitosocjologiczna (stopień przywiązania gatunku do danej jednostki ekologicznej), a także opis stadiów rozwojowych poszczególnych gatunków chwastów. Natomiast na podstawie cech syntetycznych, jakimi są współczynnik pokrycia i stałości fitosocjologicznej (frekwencja danego gatunku w biocenozie) można ze sobą porównywać różne fitocenozy (Banaszak i Wiśniewski 2003). Od wielu lat wykorzystuje się do tej oceny 6-stopniową skalę Braun-Blanqueta (Pawłowski 1972) powszechnie stosowaną przez geobotaników. Dla odpowiednio pogrupowanych zdjęć fitosocjologicznych wylicza się stałość fitosocjologiczną oraz współczynniki pokrycia. Opisywanie zbiorowisk segetalnych w agrofitecenozach można przeprowadzić z użyciem pakietu programów Profit-02 pozwalających analizować udział chwastów w poszczególnych zespołach i grupach zbiorowisk zależnie od lokalizacji i długości okresu badań. Rolę poszczególnych gatunków wyrażano stałością i współczynnikiem pokrycia z podaniem procentowego udziału w liście florystycznej i pokrywie roślinnej oraz z podaniem udziału zbiorowego (Kurpińska i Buk 1978, Balcerkiewicz i Sławnikowski 1998, Pawlak 2003).

Stan i stopień zachwaszczenia w danej uprawie można opisywać poprzez ich „mapowanie”, czyli nanoszenie na odpowiednie mapy dokonywane na przestrzeni wielu lat (Gerhards i in. 2002). Metoda ta pozwala ocenić przestrzenny zasięg chwastów, tymczasową stabilizację na polu uprawnym oraz wyodrębnić gatunki dominujące, ich liczbę oraz pokrycie. Jest to metoda bardzo przydatna do wyznaczenia faktycznego zachwaszczenia na polu uprawnym i daje możliwość precyzyjnego doboru herbicydów, nawet z zastosowaniem dawek minimalnych. Przykładem jest wyznaczenie zachwaszczenia gatunkami o wysokim przestrzennym zasięgu, jak: ostrożeń polny i maruna bezwonna, o szerokiej jednorodności, jak: fiołek polny i tasznik pospolity [*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik], a także o wysokiej stabilizacji występowania, jak: mak polny i jasnota różowa (*Lamium purpureum* L.).

Pozwoliło to ustalić precyzyjny dobór herbicydów, zastosowanie ich w znacznie ograniczonych dawkach oraz dodatkową możliwość lepszego zniszczenia gatunków jednoliściennych (Hamouz i in. 2005).

W podejmowaniu właściwej decyzji o wyborze chemicznej ochrony kukurydzy przed zachwaszczeniem pomocne są programy komputerowe. Na podstawie zgromadzonych informacji o cyklach rozwojowych gatunków zasiedlających dane stanowisko glebowe, warunkach pogodowych i siedliskowych, zabiegach agrotechnicznych i poziomie nawożenia można, posługując się modelami matematycznymi, wybierać odpowiednią strategię regulacji zachwaszczenia. Taki system decyzyjny funkcjonuje od wielu lat w Danii (Buhler i in. 1996, Holst i in. 2007).

Nadal jednak poszukuje się nowych, ulepszonych metod do szybkiego opisywania i porównywania stanu zachwaszczenia na polach uprawnych w celu dobrania odpowiedniej strategii ich zwalczania.

2.3. OGRANICZANIE ZACHWASZCZENIA W UPRAWACH KUKURYDZY W LATACH 1965–1995

Według Świątochowskiego (1969), pojawiające się w zasiewach kukurydzy chwasty mogą w sposób bezpośredni szkodliwie na nią oddziaływać, konkurując o wodę, składniki pokarmowe, światło oraz przestrzeń terytorialną, obniżając temperaturę gleby lub oddziałując toksycznie, natomiast w sposób pośredni mogą utrudniać prawidłowe wykonywanie uprawek pielęgnacyjnych i przebieg zbiorów. Z tego powodu w pierwszych latach intensywnego rozwoju uprawy kukurydzy chwasty traktowane były jako rośliność całkowicie niepożądana i zbędna w zasiewach.

W tym czasie sposoby niszczenia zachwaszczenia dzielono na zapobiegawcze uwzględniające właściwe zmianowanie oraz bezpośrednie polegające na mechanicznym eliminowaniu chwastów z międzyrzędzi z równoczesnym, uzupełniającym zastosowaniem herbicydów. Łączenie tych sposobów i metod spełniało cel, jakim było likwidowanie przyczyn i źródeł zachwaszczenia (Rola 1962). Wysoka efektywność i łatwość stosowania chemicznych środków ochrony roślin stała się zachętą do masowego ich używania i była podstawową metodą ochrony kukurydzy przed chwastami.

Wyniki wielu badań wykazały, że o wyborze odpowiedniego środka chwastobójczego decyduje stan i stopień zachwaszczenia plantacji gatunkami jedno- i dwuliściennymi oraz faza rozwojowa kukurydzy (przedsiewnie, przedwschodowo, powschodowo od 2–6 liści kukurydzy) (Rola 1972).

Do najgroźniejszych dla kukurydzy chwastów dwuliściennych zaliczono: kosmę białą, szarłat szorstki, marunę bezwoną oraz ostrożeń polny, a z grupy jednoliściennych: chwastnicę jednostronną, perz właściwy i włośnice. Największym zagrożeniem w uprawie kukurydzy były gatunki chwastów wieloletnich, takie jak: ostrożeń polny, powój polny czy perz właściwy.

Asortyment środków do niszczenia flory segetalnej w uprawie kukurydzy był początkowo ubogi i ograniczał się głównie do stosowanych zazwyczaj w postaci estrów 2-4 D, MCPA i innych pochodnych kwasu fenoksyoctowego. Stosowane przedsięwzięcie, często nieodpowiednio dobrane do stanu zachwaszczenia kukurydzy powodowały, że niektóre gatunki, zwłaszcza wieloletnie, perz czy ostrożeń nie były skutecznie niszczone i ich udział wzrastał w zachwaszczeniu wtórnym (Adamczewski i in. 1994). Dlatego powszechne stało się powschodowe użycie herbicydów, by można było bardzo precyzyjnie dobierać je do zachwaszczenia w danej uprawie (Harvey i in. 1993).

Udostępnienie rolnictwu w 1956 roku herbicydów z grupy pochodnych triazyn i wielostronne ich stosowanie upoważniało do twierdzenia, że problem ochrony kukurydzy przed chwastami został rozwiązany. Herbicydy te w krótkim czasie stały się szybkim i tanim sposobem utrzymania plantacji w stanie wolnym od chwastów. Wykorzystywano je do niszczenia jednorocznych chwastów dwuliściennych, głównie szarłatu szorstkiego, komosy białej, chwastów rumianowatych, fiołka polnego czy gwiazdnicy pospolitej po siewie lub krótko po wschodach kukurydzy. Środki te mimo szerokiego spektrum zwalczanych gatunków dwuliściennych nie niszczyły chwastów jednoliściennych oraz wieloletnich, dlatego pojawiła się konieczność stosowania zabiegów z wykorzystaniem mieszanin herbicydowych na bazie atrazyny (Rola i in. 1988).

Herbicydy zawierające atrazynę były selektywne, dobrze tolerowane przez rośliny kukurydzy, jednak ze względu na długi okres zalegania i rozkładu oraz ograniczenia w uprawie roślin następczych, od 1992 roku ograniczono ich stosowanie do dawek nieprzekraczających $1550 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. W tej sytuacji wysoką skuteczność chwastobójczą tych środków utrzymywano poprzez łączenie ich z adiuwantami wspomagającymi działanie biologiczne substancji aktywnej.

Wyniki kilkuletnich doświadczeń wykazały, że łączne zastosowanie preparatu Gesaprim 50 WP ze wspomagaczami Atpol, Atplus 411F lub Nopon 11E pozwoliło na zmniejszenie o 30% dawki herbicydu, uzyskując przy tym lepsze efekty zniszczenia chwastów i wyższe plony kukurydzy niż po samodzielnym zastosowaniu tego herbicydu w pełnej dawce (Rola i in. 1988).

Powschodowe odchwaszczanie kukurydzy środkami zawierającymi zmniejszone dawki atrazyny z użyciem wspomagaczy dało możliwość uzyskania zadowalającego efektu chwastobójczego oraz wysokich plonów kukurydzy, ale ze względu na efekt następczy nie pozwoliło na jesienny siew pszenicy, a na glebach lżejszych na siew buraków cukrowych (Rola 1982). Pozostałości herbicydu znajdujące się w glebie często powodowały przerzedzenia zbóż, a nawet ich całkowite „wypadanie” z łanu (Sadowski 1996).

W doświadczeniach prowadzonych przez Rolę i in. (1988) na stanowisku czarnych ziem najczęściej spotykanymi gatunkami chwastów w uprawie kukurydzy były: chwastnica jednostronna, komosa biała, szarłat szorstki, samosiewy rzepaku,

gorczyca polna, tobołki polne oraz przytulia czepna. W badaniach tych uwzględniających nowe kierunki chemicznego zwalczania chwastów w kukurydzy stosowano atrazynę w obniżonych dawkach nieprzekraczających $1550 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dla jednoczesnego zwalczania chwastnicy jednostronnej i gatunków dwuliściennych wysoką skuteczność ich niszczenia uzyskiwano, stosując mieszanki Gesaprim 50 WP (atrazyna) + Dual 960 EC (s-metolachlor) w terminie przedwiosnowym. Z kolei najwyższą efektywność niszczenia szarłat szorstkiego uzyskano po zastosowaniu mieszaniny Gesaprim 50 WP + Lentagran 50 WP (pyridat). W zbiorowisku chwastów występujących na czarnych ziemiach dużym problemem okazała się przytulia czepna, którą z najlepszym skutkiem niszczyła mieszanina Gesaprim 50 WP + Banvel D (dikamba). Plony kolb kukurydzy na obiektach traktowanych badanymi mieszankami nie różniły się istotnie od plonu zebranego z obiektu, gdzie zastosowano samodzielnie Gesaprim 50 WP. Dodatek preparatu Basagran Forte pozwolił na obniżenie dawki atrazyny o 66%, dodatek pyridatu na obniżenie dawki atrazyny o 30%, a dodatek dikamby na obniżenie dawki atrazyny o 50%.

W ten sposób udostępniono dla praktyki gotowe mieszaniny zawierające atrazynę i inne substancje aktywne, jak: pendimetalina, acetochlor, metolachlor, obejmujące swym działaniem także gatunki jednoliścienne, w tym chwastnicę jednostronną.

Środki triazynowe oprócz zadowalającego efektu chwastobójczego wykazywały jednak niekorzystne oddziaływanie na środowisko rolnicze poprzez przenikanie do wód powierzchniowych i gruntowych oraz fitotoksyczny wpływ na rośliny uprawiane następczo (Sadowski i in. 1994). Ponadto wieloletnie ich stosowanie doprowadziło do ujawnienia się zjawiska odporności na te herbicydy niektórych biotypów chwastów, jak szarłat polnego, komosy białej czy chwastnicy jednostronnej (Rola i in. 1989). Dlatego na mocy decyzji Krajów Wspólnoty Europejskiej opracowano Dyrektywę Rady 91/414/EWG zmierzającą do całkowitego zakazu stosowania herbicydów zawierających atrazynę i maksymalnego ograniczania niekorzystnego wpływu na środowisko środków chemicznych pozostających na liście dopuszczonych do obrotu (Matyjaszczyk 2007).

W latach 90. ubiegłego wieku chwasty w uprawie kukurydzy można było także skutecznie zwalczać herbicydami, które nie zawierały triazyn. Do nich należały środki mające w swoim składzie pochodne mocznika, oparte na linuronie, metabromuronie, pendimetalinie, bentazonie, isoksafłutolu czy acetochlorze. Herbicydy oparte na tych substancjach dobrze zwalczały jednoroczne chwasty dwuliścienne, a zawierające acetochlor czy metolachlor dodatkowo gatunki z podrodziny prosowatych oraz palusznik krwawy (Rola i Rola 1999).

Konieczność ograniczania dawek atrazyny na Ukrainie spowodowała masowe stosowanie dogłębowo acetochloru w mieszankach z herbicydami sulfonilomocznikowymi lub 2,4-D. W uprawie kukurydzy, gdzie dominowały takie gatunki, jak: chwastnica jednostronna, komosa biała i włośnice najbardziej efektywnie niszczone je mieszaniną acetochloru z nikosulfuronem, rimsulfuronu z thifensulfuronem, przy czym acetochlor stosowano w dawkach niższych od zalecanych. Skuteczność tych

środków była porównywalna do samodzielnie użytego acetochloru w zalecanej dawce (Kempenaar i in. 2002, Zadorozhny 2004).

2.4. WSPÓŁCZESNE METODY OGRANICZANIA ZACHWASZCZENIA W UPRAWIE KUKURYDZY

We współczesnym rolnictwie najczęściej wyróżnia się konwencjonalny i integrowany system rolniczego gospodarowania, w zależności od stopnia zaangażowania przemysłowych środków produkcji, głównie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin (Kuś 2005, Kuś i Stalenga 2006). Zwiastunem integracji w technologiach produkcji rolniczej było wprowadzenie w czasie Kongresu Ochrony Roślin w Manili w 1987 roku pojęcia „technologii niskonakładowych”, których strategicznym celem powinno być ograniczenie stosowania nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin do niezbędnego minimum (Smith i Sankula 2002). Skutkiem tego było podjęcie intensywnych badań nad możliwością ograniczania dawek środków chemicznych oraz precyzyjnego ich stosowania.

Jednym z ważniejszych czynników siedliska obniżających plon roślin uprawnych są chwasty. Zatem istotnym elementem agrotechniki różnicującym porównywane systemy produkcji jest sposób ograniczania zachwaszczenia roślin uprawnych (Kuś i Stalenga 2006, Wesołowski 2007). W rolnictwie konwencjonalnym regulacja zachwaszczenia opiera się na stosowaniu rekomendowanych dawek herbicydów, niezależnie od faktycznych potrzeb lub stopnia zagrożenia upraw ze strony chwastów. Według Kusia (2003, 2005 i 2006), integrowane metody ochrony roślin uprawnych definiuje się jako zwalczanie agrofagów, w tym chwastów, przy użyciu wszystkich dostępnych sposobów zgodnie z wymaganiami ekonomicznymi, ekologicznymi, i toksykologicznymi, które dają pierwszeństwo naturalnym czynnikom ograniczającym i ekonomicznym progom zagrożenia. W rolnictwie integrowanym środki produkcji są stosowane w umiarkowanych ilościach, wspomagają one całokształt poczynań agrotechnicznych rolnika i są efektywnie wykorzystywane (Jordan 1990, Vereijken 1992). Podstawą tego systemu jest dobrze skonstruowany płodozmian oraz prawidłowa agrotechnika uzupełniona chemicznymi środkami ochrony roślin, w tym herbicydami precyzyjnie dopasowanymi do stanu i stopnia zachwaszczania uprawy, co przy nadal dużym rozdrobieniu upraw rolniczych nabiera istotnego znaczenia (Rola 1991 i 1999, Dzienia i in. 1999). Integrowane metody ograniczania zachwaszczenia powinny łączyć chemiczne metody ochrony roślin z metodami mechanicznymi, biologicznymi, agrotechnicznymi oraz ze zbilansowanymi dawkami nawozów uwzględniającymi zapotrzebowanie pokarmowe roślin i zasobność gleby (Rozp. MRiRW 2004).

Biorąc jednak pod uwagę pracochłonność łączonych metod, integrowana ochrona kukurydzy przed chwastami dopuszcza stosowanie tylko metody chemicznej, jednak z zachowaniem Zasad Dobrej Praktyki Rolniczej opracowanych przez Europejską i Śródziemnomorską Organizację Ochrony Roślin (EPP0 1998). Zalecenia te reko-

mendując stosowanie środków ochrony roślin w sposób bezpieczny, ze szczególnym uwzględnieniem zdrowia ludzi, bezpieczeństwa dla środowiska, użycia minimalnych dawek pozwalających skutecznie ograniczyć liczebność patogenów, w tym chwastów, do poziomu niezagrażającego stabilnemu plonowaniu, bez potrzeby całkowitej ich eliminacji (Adamczewski i Dobrzański 1997, Woźnica 2008).

Integrowane zwalczanie chwastów sprowadza się zatem do wyznaczenia tolerowanych przez roślinę uprawną okresów konkurencji chwastów, sterowania populacjami chwastów i ograniczania ich liczebności do poziomu niezagrażającego spadkowi oczekiwanego plonu (Zwenger 1996). Termin usuwania chwastów po wykształceniu przez kukurydzę 6–7 liści przyjmuje się jako krytyczny, po przekroczeniu którego stosowanie zabiegów herbicydowych jest mało skuteczne (Lemerle i in. 2000).

W najbliższej przyszłości w integrowanych systemach produkcji rolniczej herbicydy pozostaną nadal ich nieodzowną częścią, a o konieczności ich zastosowania zawsze powinno decydować nasilenie chwastów występujących w łanie i ich szkodliwość. Wydaje się, że największe możliwości skutecznego niszczenia zachwaszczenia w kukurydzy będzie można osiągnąć poprzez użycie ich jako mieszaniny różnych substancji aktywnych bądź w mieszankach z adiuwantami.

Po wycofywaniu z użycia atrazyny nowoczesne substancje biologicznie czynne muszą spełniać kryteria dobrej praktyki rolniczej i być bezpieczne dla środowiska naturalnego. Rolę tę w ostatnich latach spełniają herbicydy sulfonylomocznikowe stosowane po wschodach kukurydzy. Środki te obejmują swym działaniem niszczenie chwastów jednoliściennych, w tym chwastnicę jednostronną i perz właściwy oraz szerokie spektrum chwastów dwuliściennych zarówno jednorocznych, jak i wieloletnich, szczególnie ostrożeń polny. Aktualnie do odchwaszczania kukurydzy w terminie powschodowym zaleca się rimsulfuron, nikosulfuron, sulkotrion, tifen-sulfuron-metylu i ich mieszaniny, tritosulfuron oraz mieszaninę foramsulfuronu z jodosulfuronem metylosodowym (Salgarollo i in. 1995, Kikugawa i Yoshii 1997).

Poznanie sposobu działania herbicydów sulfonylomocznikowych, ich translokacji i metabolizmu pozwoliło pozytywnie ocenić przydatność tej grupy środków do zwalczania chwastów w kukurydzy (Palm i in. 1989). Pozytywną cechą tych substancji jest ich szybki rozkład w glebie i brak negatywnego wpływu na uprawę następczą, co udowodnili Callens i in. (1994) oraz Cardinia i in. (2002) w odniesieniu do roślin warzywnych.

Herbicydy sulfonylomocznikowe charakteryzują się dużą aktywnością biologiczną, nawet w przypadku stosowania ich w bardzo małych dawkach (Adamczewski i in. 1987). Zaliczane są do grupy inhibitorów syntetazy mleczanowej ALS, czyli pobierane przez liście chwastów, w mniejszym stopniu poprzez korzenie, przemieszczane są w roślinach do tkanek merystematycznych, gdzie hamują syntezę aminokwasów. Prowadzi to w krótkim czasie do zahamowania wzrostu i rozwoju chwastów (Sutton i in. 2002).

W badaniach przeprowadzonych przez Contiero (2005) zastosowanie zróżnicowanych dawek foramsulfuronu łącznie z jodosulfuronem i adiuwantem w mieszance

z atrazyną lub samodzielnie nikosulfuronu w celu niszczenia takich gatunków, jak: wilczomleczeń obrotny, uczeń owłosiony (*Bidens pilosa* L.), *Bracharia plantaginea* (L.) Hitchc., *Sida rhombifolia* L., pozwoliło osiągnąć istotne wyższe plony we wszystkich zastosowanych wariantach. Nawet użycie niższych od zalecanych dawek spowodowało istotne ograniczenie zachwaszczenia i przyniosło wyższą plonowość w stosunku do obiektu bez stosowania herbicydów.

Długotrwała susza wiosenna obniża skuteczność chwastobójczą herbicydów sulfonylomocznikowych, co prowadzi do wzrostu zachwaszczenia wtórnego i strat w plonie ziarna oraz zwiększenia ilości nasion chwastów w glebie poprzez ich osypywanie (Adameczyk i in. 2004, Albrecht 2005). Skuteczność tych środków zależy od stopnia pobrania substancji aktywnej przez roślinę i tempa przemieszczania jej do miejsca działania. W tym zadaniu ewidentnie pomagają adiuwanty – środki aktywujące w formie olejów i ich pochodnych lub substancje powierzchniowo-czynne (surfaktanty) optymalizujące chwastobójcze działanie niektórych herbicydów sulfonylomocznikowych, zwłaszcza przy wystąpieniu niekorzystnych warunków pogodowych.

Silnie zróżnicowane właściwości fizykochemicznych olejów i dodawanych do nich emulgatorów mogą poprawiać skuteczność działania herbicydu z określonym adiuwantem w takich samych warunkach zachwaszczenia danego siedliska (Woźnica 2008). Niektóre z nich otrzymywane dzięki estryfikacji kwasów tłuszczowych z alkoholem metylowym powodują silne obniżenie lepkości w kontakcie z kutikulą i dzięki temu wzmagają efektywność chwastobójczą herbicydów. Dzięki zmniejszeniu napięcia powierzchniowego i zwiększeniu retencji kropelek cieczy użytkowej na opryskiwanej powierzchni roślin, środki te ułatwiają absorpcję substancji czynnych herbicydów do komórek roślinnych (Skrzypczak i in. 1995, Kapusta i in. 1996, Nalewaja i in. 1998, Woźnica 2003, Woźnica 2008). W przypadku niskiego poziomu zachwaszczenia i podjęcia decyzji o aplikacji obniżonych dawek herbicydów zachodzi konieczność łączenia ich z adiuwantami w celu obniżenia niekorzystnego oddziaływania czynników pogodowych czy poprawienia parametrów technicznych oprysku, np. twardości cieczy. Poprzez dodatek adiuwantów działających kompleksowo na wyżej wymienione czynniki można spodziewać się zwiększonej skuteczności i stabilności działania środków ochrony roślin stosowanych nawet w obniżonych dawkach (Woźnica 2003).

Obniżanie dawek herbicydów jest możliwe, jeżeli stosuje się je w mieszaninach łącznie z innymi środkami ochrony roślin i dopasowuje do stanu zachwaszczenia, co potwierdzają badania Kempenaar i in. (2002). W doświadczeniach polowych z burakiem cukrowym, w lokalizacjach o zróżnicowanych warunkach siedliskowych oraz pogodowych stosowano obniżone dawki herbicydów i porównywano z obiektami, gdzie stosowano dotychczas zalecane dawki. W eksperymentach tych dominowały następujące gatunki chwastów: rdest powojowaty, komosa biała, jasnota purpurowa i jasnota różowa (*Lamium amplexicaule* L.), rdest kolankowaty (*Polygonum nodosum* L.) i szczyr roczny (*Mercurialis annua* L.).

Nie na wszystkich obiektach z użyciem dawek minimalnych uzyskano efektywne zniszczenie chwastów, obserwowano jednak zahamowanie ich wzrostu, ograniczenie liczebności oraz brak kwitnienia. System stosowania herbicydów w obniżonych dawkach może być w przyszłości z powodzeniem wykorzystywany, gdy dobór herbicydów i terminów ich aplikacji będzie precyzyjnie ustalony w oparciu o obserwacje stanu i stopnia zachwaszczenia zbiorowiska (Kempenaar i in. 2002).

Zatwierdzenie obniżonej dawki środka ochrony roślin musi być poprzedzone badaniami, które potwierdzą, że aplikowana dawka pozwala na osiągnięcie zadowalającego efektu chwastobójczego (Nolting 2001, Pallut 2002). Wyznaczanie efektywnych dawek minimalnych jest przedkładane w odpowiednich aktach prawnych Niemieckiej Ochrony Roślin w powiązaniu z Dyrektywą 91/414/EEC (Dyr. Rady 91/414/EWG, Petersen i in. 2004). Badania prowadzone przez Christensen (1993) z użyciem minimalnych dawek zgodnie z procedurami EPPO PP 1/225 (minimalne efektywne dawki) potwierdziły celowość stosowania dawek minimalnych środków ochrony roślin. W uprawie kukurydzy, gdzie zastosowano obniżone do 75% dawki isoksaflutolu do eliminowania takich gatunków chwastów, jak: chwastnica jednostronna, przytulia czepna, gwiazdnica pospolita, fiołek polny czy przetacznik perski uzyskano od 87 do 100% skuteczności ich zniszczenia (Verschwele i Zwerger 2006). Często jednak użycie dawek minimalnych jest ograniczane warunkami pogodowymi oraz agrotechniką, dlatego ich wprowadzenie powinno być poprzedzone wnikliwą analizą powyższych czynników.

3. METODYKA BADAŃ

Badania wykonano we Wrocławiu w latach 2000–2008, w Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów przekształconym w 2007 roku w Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach.

Przeprowadzone badania nad oceną stanu i stopnia zachwaszczenia kukurydzy na trzech stanowiskach glebowych oraz na polach zróżnicowanych pod względem techniki uprawy w rejonie południowo-zachodniej Polski w głównej mierze opierały się na danych zebranych metodą zdjęć fitosocjologicznych.

Zmienność nasilenia gatunków występujących na trzech charakterystycznych typach gleb tego rejonu, w gospodarstwach różniących się intensywnością produkcji, ustalono na podstawie ich liczebności na powierzchni 1 m². Natomiast skuteczność niszczenia zbiorowisk chwastów charakterystycznych dla tych stanowisk glebowych oceniano na podstawie odpowiednio dobranych mieszanin herbicydowych w obniżonych dawkach w doświadczeniach prowadzonych w warunkach polowych.

W celu poznania i określenia najbardziej efektywnych terminów usuwania chwastów przeprowadzono badania w warunkach doświadczenia mikropoletkowego dla wybranych gatunków dominujących na plantacjach kukurydzy. Wieloletnie obser-

wacje pól oraz dane uzyskane z doświadczeń polowych i mikropoletkowych uzupełniono wynikami z badań nad możliwością zwiększenia efektywności mieszanek herbicydowych w systemie obniżonych dawek poprzez stosowanie ich z adiuwantami. Badania te przeprowadzono w jednakowych warunkach glebowych, wilgotnościowych i świetlnych w hali wegetacyjnej.

3.1. OCENA STANU ZACHWASZCZENIA NA PLANTACJACH KUKURYDZY ZRÓŻNICOWANYCH POD WZGLĘDEM STANOWISKA GLEBOWEGO, TECHNIKI UPRAWY I INTENSYWNOŚCI GOSPODAROWANIA

3.1.1. Ocena stanu zachwaszczenia metodą fitosocjologiczną

a) W latach 2000–2008 w okolicach miejscowości zlokalizowanych na trzech stanowiskach glebowych makroregionu południowo-zachodniego prowadzono obserwacje zachwaszczenia metodą Braun-Blanqueta (Banaszak i Wiśniewski 2003), które pozwoliły wyodrębnić kilka charakterystycznych agrocenoz (tab. 1). Wykonano łącznie 984 zdjęcia fitosocjologiczne: 492 na czarnych ziemiach, 254 na glebach brunatnych oraz 238 zdjęć reprezentujących zachwaszczenie na glebach płowych. Rejestrowano wszystkie gatunki występujące na powierzchni wynoszącej co najmniej 100 m². Dla każdego gatunku obliczono współczynnik pokrycia z uwzględnieniem stopnia ilościowości oraz stałość fitosocjologiczną.

Ilościowość oceniano na podstawie szacowania pokrycia powierzchni i liczby poszczególnych gatunków według skali Braun-Blanqueta. Jest to skala, w której zastosowano następujące oznaczenia:

- 5 – gatunek pokrywa więcej niż 75% powierzchni,
- 4 – gatunek pokrywa 50–75% powierzchni,
- 3 – gatunek pokrywa 25–50% powierzchni,
- 2 – gatunek pokrywa 5–25% powierzchni,
- 1 – gatunek pokrywa mniej niż 5% powierzchni,
- + – gatunek pokrywa mniej niż 1% powierzchni, gatunki skąpe, sporadyczne,
- r. – gatunki występujące rzadko, gatunki sporadyczne.

Współczynnik pokrycia (WP) obliczano według następującego wzoru:

$$WP = \frac{\text{suma średnich procentów przeciętnego pokrycia gatunku na danej powierzchni we wszystkich zdjęciach fitosocjologicznych}}{\text{ogólna liczba zdjęć}} \times 100$$

Stalość fitosocjologiczna (S) to efekt pojawiania się danego gatunku w płatach roślinnych – fitocenozach, na określonym kompleksie glebowym, wyrażony w skali 5-stopniowej podanej w metodyce opracowanej przez Pawłowskiego (1972).

W celu wykazania zmian zachodzących w bioróżnorodności zbiorowisk chwastów na przestrzeni lat otrzymane wyniki porównywano z danymi opracowanymi przez Zespół ds. Rejonizacji Chwastów (Rola i in. 1992) dla tych samych stanowisk glebowych makroregionu południowo-zachodniego.

Tabela 1

Charakterystyka siedlisk, na których oceniano zachwaszczenie metodą fitosocjologiczną
Characteristics of habitats, on which were evaluated weed infestation
by phytosociological methods

Miejscowości; Trial location	Zabrodzie, Kobierzyce, Kobierzyce II, Łukaszowice, Domasław, Radomierzyce, Oporów, Milejowice, Teodorów	Henryków, Kalinowice, Kalinowice II, Jaksonów, Jaksonów II, Przeclawice, Proszkowice, Mietków, Maniów	Miłoszyce, Grędzima, Dziuplina, Laskowice, Laskowice II, Jelcz, Ligota, Janików
Typ gleby; Soil type	czarne ziemie wytworzone z gliny średniej na glinie lekkiej należące do kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego; haplic phaeozems formed from medium clay on light clay belonging to the very good and good wheat complex	gleby brunatne właściwe wytworzone z gliny średniej na glinie lekkiej należące do kompleksu żytniego bardzo dobrego; haplic cambisols formed from medium clay on light clay belonging to the very good rye complex	gleby płowe wytworzone z piasku słabogliniastego na glinie lekkiej należące do kompleksu żytniego dobrego; haplic luvisols formed from slightly sand on light clay belonging to a good rye complex
Klasa gleby; Soil class	I, II	IIIa, IIIb	IVa, IVb,
pH gleby; Soil pH	6,5–6,6	5,1–5,7	5,0–5,3
Zawartość materii organicznej; Organic matter content (%)	2,7–2,9	1,8–2,3	1,2–1,5
System uprawy; Type of cultivation	płużny; plough	płużny; plough	płużny; plough

b) Obserwacje stanu zachwaszczenia metodą zdjęć fitosocjologicznych prowadzono również na polach zróżnicowanych pod względem techniki uprawy w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Jelczu-Laskowicach. W celu wykazania wpływu sposobu gospodarowania na zmienność zachwaszczenia obserwacje prowadzono na polach, gdzie stosowano zmianowanie: pszenica ozima + międzyplon gorczycy białej, kukurydza na ziarno, jęczmień jary oraz w 10-letniej monokulturze kukurydzy

uprawianej na ziarno. W obu sposobach zmianowania od 2002 roku prowadzono trzy systemy uprawowe: pierwszy – oparty na orce pługiem odkładnicowym na głębokość 25 cm z doprawianiem roli tradycyjnymi narzędziami, drugi – uproszczony polegający na uprawie kultywatorom na głębokość 12 cm z doprawianiem roli agregatem uprawowym oraz zerowy z siewem bezpośrednim wykonanym siewnikiem z krojem tarczowym i aplikatorem nawozów. Każdy system uprawowy był realizowany na polu o powierzchni 10 ha, na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego zdegradowanego na glinie lekkiej. Na każdym stanowisku i w każdym roku prowadzenia badań wykonano łącznie po 45 zdjęć fitosocjologicznych, posługując się wyżej opisaną metodą Braun-Blanqueta. Zebrane wyniki badań opracowano oddzielnie dla każdego systemu uprawowego, określając: łączną i średnią liczbę gatunków występujących w zdjęciu fitosocjologicznym, stałość występowania oraz współczynniki pokrycia powierzchni dla wszystkich gatunków jedno- i dwuliściennych oraz innych, a wśród nich dla jednorocznych, wieloletnich, a także wyodrębniając gatunki dominujące, charakterystyczne dla badanych systemów uprawowych.

3.1.2. Ocena stanu zachwaszczenia metodą ramkową

W latach 2003–2007 w rejonie południowo-zachodniej Polski na plantacjach kukurydzy zróżnicowanych pod względem intensywności gospodarowania ustalono listę gatunków stale obecnych w zbiorowiskach chwastów. W celu przeprowadzenia analizy zmienności zachwaszczenia plantacji kukurydzy w zależności od typu gleby i wielkości gospodarstwa, z list florystycznych chwastów uzyskanych z tych obserwacji wytypowano 13 gatunków stale występujących.

Do ustalenia wielkości gospodarstwa stosuje się w Unii Europejskiej kategoryzację według dochodów, którą stanowi standardowa nadwyżka bezpośrednia – Standard Gross Margin (Wielicki 2003). Struktura nadwyżki określa typ gospodarstwa rolniczego, a jej łączna kwota – wielkość gospodarstwa. Tę wielkość podaje się w ESU (European Size Unit – Europejska Jednostka Wielkości) (Wielicki 2003). Stan zachwaszczenia badano na plantacjach małoobszarowych (5–15 ha), średnioobszarowych (15–25 ha) i wielkoobszarowych o powierzchni ponad 25 ha. W ramach każdego typu gospodarstw (tab. 2) analizowano po 3 gospodarstwa zlokalizowane na czarnych ziemiach, glebach brunatnych i glebach płowych. Niezależnie od wielkości gospodarstwa listę florystyczną oraz liczebność chwastów dominujących wraz z gatunkami towarzyszącymi ustalano w kilkunastu miejscach wyznaczonych po przekątnej pola o powierzchni 1 ha z wykorzystaniem metody ramkowej.

Tabela 2

Typy gospodarstw wybranych do oceny zachwaszczenia
Farm type selected for estimation of weed infestation

Sposób gospodarowania; Farm management type	Powierzchnia gospodarstwa; Farm area (ha)	Europejska Jednostka Wielkości; European Size Unit-ESU*	Środki produkcji – maszyny i agregaty; Means of production – tillage machinery and cultivation units	Poziom nawożenia; Fertilization level (NPK kg·ha ⁻¹)	Plon ziarna; Yield of grain (dt·ha ⁻¹)
Intensywny; Intensive	> 25	duże; large 16–40 ESU	plug wielokibowy z agregatem uprawowym, zestaw uprawowo-siewny z aplikatorem nawozów, opryskiwacz, kombajn zbożowy; gang plough with aggregate unit, sowing set with fertilization feeder, sprayer, combine harvester	wysoki; high	> 90
Średniointensywny; Moderate	15–25	średnie; middle 8–12 ESU	plug wielokibowy z agregatem uprawowym, siewnik z aplikatorem nawozów, opryskiwacz, kombajn zbożowy; gang plough with aggregate unit, sowing set with fertilization feeder, sprayer, combine harvester	średni; middle	70–90
Ekstensywny; Extensive	< 15	małe; small < 4 ESU	plug, zestaw uprawowy (kultywator + brona), siewnik-usługa, rozstewacz nawozów, opryskiwacz, kombajn-usługa; gang plough, cultivation set (cultivator + harrow), drill with fertilizer spreader, sprayer, combine harvester-service	niski; low	< 65

* 1 ESU = 1200 EUR

Do testowania wpływu typu gleby, wielkości gospodarstwa i roku badań na zmienność liczebności gatunków chwastów wykorzystano analizę log-liniową i korespondencji. Metodę tę użyto zamiast powszechnie stosowanej analizy wariancji. Na podstawie danych literaturowych wiadomo, że wszelkie przekształcenia wartości pierwotnych na zmienne o charakterze ilościowym są obarczone pewnym błędem (Hill 1974, Goodman 1978, Greenacre 1984). Wielkość gospodarstw, typ gleb i gatunki chwastów są zmiennymi jakościowymi, a liczby poszczególnych gatunków chwastów są zmiennymi skokowymi, dlatego zakłada się, że obliczenia na wartościach pierwotnych (liczebności różnych gatunków chwastów) będą bardziej dokładne i dadzą możliwość wykazania różnic w zachwaszczeniu.

3.2. USTALENIE OPTYMALNYCH TERMINÓW USUWANIA CHWASTÓW DLA TRZECH DOMINUJĄCYCH GATUNKÓW W BADANIACH MIKROPOLETKOWYCH

Doświadczenia mikropoletkowe prowadzono w trzech sezonach wegetacyjnych na polu doświadczalnym Zakładu Ekologii i Zwalczania Chwastów IUNG-PIB we Wrocławiu.

Pierwszym celem prowadzonych doświadczeń było porównanie wyników badań nad dynamiką wzrostu i plonowania kukurydzy w zależności od terminu usuwania pojawiającej się w zachwaszczeniu wtórnym chwastnicy jednostronnej z wynikami opracowanymi przez Rolę (1986).

Drugim celem badań było ustalenie przedziałów czasowych dla dwóch poziomów nasilenia występowania szarłat szorstkiego i komosy białej, których obecność powoduje największą obniżkę plonów i na tej podstawie wyznaczenie:

- a) tolerowanego przez kukurydzę we wczesnej fazie rozwoju okresu konkurencji chwastów w zależności od terminu ich usuwania,
- b) tolerowanego przez kukurydzę okresu konkurencji wtórnie pojawiających się chwastów w zależności od terminu ich ukazywania.

Badania realizowano na mikropoletkach o wymiarach 2 m x 2 m, w czterech powtórzeniach. Badane gatunki chwastów występowały samodzielnie na poletkach w liczebności 80 lub 160 sztuk oraz dodatkowo dla chwastnicy jednostronnej w pełnym nasileniu od 800 do 1100 sztuk.

W pierwszym wariantcie chwastnicę jednostronną, szarłat szorstki i komosę białą usuwano po wschodach kukurydzy w terminach podanych w tabeli 3. W drugim wariantcie utrzymywano czyste poletka od wschodów kukurydzy, a następnie dopuszczono do pojawienia się chwastów w zróżnicowanych fazach rozwojowych tej rośliny uprawnej.

Po wschodach kukurydzy na wszystkich poletkach przeprowadzono jej przerywkę, pozostawiając 10 roślin·m². Pojawiające się gatunki chwastów niebędące przedmiotem badań usuwano sukcesywnie tuż po wschodach. W czasie wegetacji wykonywano pomiary wysokości roślin kukurydzy, notowano daty ukazywania się kolejnych faz rozwojowych zarówno rośliny uprawnej, jak i badanych gatunków chwastów oraz ustalano plon zielonej masy kukurydzy.

Tabela 3

Terminy usuwania chwastów (T) według faz rozwojowych kukurydzy
Data of weed removal (T) according to development stages of maize

T	Kukurydza; Maize <i>Zea mays</i>	Chwastnica jednostronna; Barnyard grass <i>Echinochloa crus-galli</i>	Komosa biała; Pigweed <i>Chenopodium album</i>	Szarłat szorstki; Redroot amaranth <i>Amaranthus retroflexus</i>
I	liścienie; cotyledons BBCH 10	3 liście; 3 leaves BBCH 13	4–5 liści; 4–5 leaves BBCH 14–15	3–4 liście; 3–4 leaves BBCH 13
II	3 liście; 3 leaves BBCH 13	5 liści; 5 leaves BBCH 15	6–7 liści; 6–7 leaves BBCH 16–17	5 liści; 5 leaves BBCH 16–17
III	5 liści; 5 leaves BBCH 15	7–9 liści; 7–9 leaves BBCH 17–19	dwa-trzy pędy boczne two-three lateral shoots BBCH 22–23	dwa pędy boczne; two lateral shoots BBCH 22
IV	7 liści; 7 leaves BBCH 17	rozkrzewienie; tillering BBCH 21–24	kolejne pędy boczne, początek kwitnienia; more lateral shoots, beginning of flowering BBCH 25–51	kolejne pędy boczne; more lateral shoots BBCH 25-35
V	początek wzrostu łodygi; beginning of stem growth BBCH 30	rozkrzewienie i początek strzelania w źdźbło; tillering and start shooting BBCH 25–30	kwitnienie; flowering BBCH 51–55	kolejne pędy boczne, początek kwitnienia; more lateral shoots, beginning of flowering BBCH 36–51
VI	wzrost łodygi; stem growth BBCH 34–36	rozwój źdźbła do początku kwitnienia; development of the culm to beginning of flowering BBCH 34–51	kwitnienie; flowering BBCH 55–59	kwitnienie; flowering BBCH 55–59

3.3. OCENA DZIAŁANIA SYSTEMÓW HERBICYDOWYCH W REGULACJI ZACHWASZCZENIA NA RÓŻNYCH TYPACH GLEB W WARUNKACH POŁOWYCH

Badania nad przydatnością herbicydów do odchwaszczania kukurydzy były przeprowadzone w warunkach doświadczeń polowych w latach 1984–1989, na czarnych ziemiach o zawartości próchnicy 3,5% i pH 5,3 oraz w latach 2006–2008 w trzech lokalizacjach, na zróżnicowanych glebach:

- 1) na czarnej ziemi wrocławskiej zakwalifikowanej do kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego o zawartości próchnicy 3,6% i pH 6,3;
- 2) na glebach brunatnych kompleksu żytniego bardzo dobrego o zawartości próchnicy 2,3% i pH 5,5;
- 3) na słabych glebach płowych kompleksu żytniego dobrego i słabego o zawartości próchnicy poniżej 1,0% i pH 5,2.

Przed siewem kukurydzy i założeniem doświadczeń na całym polu przeprowadzano w pełnym zakresie zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne oraz stosowano nawożenie zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi.

Wyniki uzyskane w badaniach nad oceną efektywności odchwaszczania kukurydzy z wykorzystaniem herbicydów triazynowych przeprowadzone w latach 1984–1989 porównywano z uzyskanymi w badaniach nad obecnymi możliwościami ograniczania zachwaszczenia w uprawie kukurydzy (Rola i in. 1988). Natomiast znajomość agrocenoz, ustalona na podstawie obserwacji prowadzonych w latach 2000–2008 w makroregionie południowo-zachodnim metodą Braun-Blanqueta, umożliwiła opracowanie systemów herbicydowych dla regulacji zachwaszczenia w doświadczeniach polowych założonych na określonych typach gleb. W badaniach prowadzonych w latach 2006–2008 oceniane herbicydy i ich mieszaniny aplikowano jednorazowo w systemie dawek dzielonych, a także z użyciem obniżonych dawek. Charakterystykę ocenianych środków i ich mieszanin podano w tabelach 4 i 4a.

Badane środki aplikowano opryskiwaczem plecakowym „Gloria” wyposażonym w 4 dysze typu TeeJet XR 11003-VS, pracującym ze stałym ciśnieniem roboczym 0,25 MPa i wydatkiem cieczy użytkowej wynoszącym 250 l·ha⁻¹.

W systemie dawek dzielonych herbicydy i ich mieszaniny aplikowano: połowę dawki w fazie 3–4 liści kukurydzy (BBCH 14) na chwasty w fazie od 1 do 5 liści oraz połowę dawki w fazie 5–6 liści kukurydzy (BBCH 16) na chwasty w zaawansowanym rozwoju, ale przed kwitnieniem.

W systemie dawek obniżonych herbicydy i ich mieszaniny stosowano w fazie 3–4 liści kukurydzy (BBCH 14) na chwasty w fazie od 1 do 5 liści.

Skuteczność działania herbicydów i ich mieszanin określano zgodnie z metodyką przyjętą w herbologii (EPPO 1998, Domaradzki i in. 2001).

Tabela 4

Charakterystyka herbicydów uwzględnionych w doświadczeniach
Characteristic of herbicides tested in experiments

Mechanizm działania; Mode of action	Herbicyd; Herbicide	Substancja aktywna (s.a.); Active ingredient (a.i.)	Zawartość s.a.; Content of a.i. (g·dm ⁻³)	Zalecana pełna dawka (DP) na ha; Recommended full dose (DP) per ha	Zwalczane chwasty; Controlled weeds	Rodzaj doświadczeń; Type of trials
Inhibitory pigmentów; Inhibitors of pigments	Callisto 100 SC	mezoctrion; mesotrione	100	1,5 l 4/5, 2/3, 1/2 DP	1+2	P, W*
Inhibitory syntezy aminokwasów; Inhibitors of amino acids synthesis	Milagro 040 SC	nikosulfuron; nicosulfuron	40	1,5 l 4/5, 2/3, 1/2 DP	1+2	P, M, W
	Titus 25 WG	rimsulfuron; rimsulfuron	15	60 g 2/3, 1/2 DP	1+2	P, M, W
Regulatory wzrostu; Growth regulators	Banvel 480 SL	dikamba, dicamba	480	0,5 l	2	P
Inhibitory pigmentów + inhibitory wzrostu siewek + inhibitory fotosyntezy; Inhibitors of pigments + inhibitors of seedlings growth +inhibitors of photosynthesis	Lumax 537,5 SE	S-metolachlor + mezoctrion + terbuthylazyna; S-metolachlor + mesotrione + terbuthylazine	37,5 + 187,5 + 312,5	3,5 l	1+2	P
Inhibitory pigmentów + inhibitory syntezy aminokwasów; Inhibitors of pigments + inhibitors of amino acids synthesis	Milagro 040 SC + Callisto 100 SC	nikosulfuron + mezoctriin; nicosulfuron + mesotrione	40 + 80	0,8 l + 1,0 l 4/5, 2/3, 1/2 DP	1+2	P, W
Inhibitory syntezy aminokwasów + regulatory wzrostu; Inhibitors of amino acids synthesis + growth regulators	Titus 25 WG + Banvel 480 SL	rimsulfuron + dikamba; rimsulfuron + dicamba	15 + 480	60 g + 0,5 l 2/3, 1/2 DP	1+2	P

* P – doświadczenia polowe; field trials, M – doświadczenia mikropoletkowe; microplot trials, W – doświadczenia wazonowe; pot experiments

Tabela 4a

Charakterystyka adiuwantów uwzględnionych w badaniach
Characteristic of tested adjuvants

Grupa adiuwantów; Group of adjuvants	Adiuwant; Adjuvant	Substancja aktywna (s.a.); Active ingredient (a.i.)	Zawartość s.a.; Content of a.i.	Zalecana dawka; Recommended dose	Rodzaj doświadczeń; Type of trials
Surfaktant; Surfactants	Trend 90 EC	oksyetylowany alkohol izodecyłowy; ethoxylated isodecil alcohol	90%	0,1%	P, M, W*
Oleje mineralne; Mineral oils	Atpolan 80 EC	oleje parafinowe; parafin oils	76%	1,5 l·ha ⁻¹	W
Oleje roślinne i ich pochodne; Plant origin oils and their derivatives	Actirob 842 EC	estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego; fatty acid methyl esters of rapeseed oil	842 g·dm ⁻³	2,0 l·ha ⁻¹	W

*P – doświadczenia polowe; field trials, M – doświadczenia mikropoletkowe; microplot trials, W – doświadczenia wazonowe; pot experiments

W doświadczeniach polowych zniszczenie chwastów oceniano dwuetapowo:

I – liczenie chwastów na poletkach kontrolnych metodą ramkową;

II – ocena efektywności działania herbicydów metodą szacunkową.

Metoda ramkowa polegała na identyfikacji oraz ustaleniu listy wszystkich gatunków chwastów oraz ich liczebności w ramce obejmującej powierzchnię 0,25 m², z trzech miejsc wybranych losowo na poletku obiektu kontrolnego, bezpośrednio przed aplikacją herbicydów.

W okresie od 3 do 6 tygodni od zastosowania herbicydów dokonywano oceny efektywności ich działania metodą szacunkową. Stosując herbicydy w dawkach dzielonych, analizę wykonywano najpóźniej przed przeprowadzeniem kolejnego zabiegu.

Metoda szacunkowa polegała na szacowaniu zniszczenia każdego gatunku chwastu na poletkach traktowanych herbicydami w porównaniu do jego występowania na nieopryskanej kontroli, a wyniki analizy wyrażano procentowo.

W badaniach nad różnorodnością flory segetalnej w uprawie kukurydzy oraz sposobami jej regulacji w warunkach rolnictwa zrównoważonego wystąpiły gatunki chwastów, których wykaz, łącznie z nazwami łacińskimi, podano w tabeli 5.

Tabela 5

Wykaz łacińskich i polskich nazw oraz skrótów nazw chwastów występujących
w doświadczeniach

List of latin and Polish names and name abbreviations of weeds that occurred in trials

Skrót nazwy chwastu; Abbreviation weed	Nazwa łacińska; Latin name	Nazwa polska; Polish name	Klasa roślin; Class of plants*
ACHMI	<i>Achillea millefolium</i>	krwawnik pospolity	2
ABUTH	<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	zaślaz pospolity	2
AETCY	<i>Aethusa cynapium</i> L.	blekot pospolity	2
AMARE	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szarłat szorstki	2
ANGAR	<i>Anagallis arvensis</i> L.	kurzyśląd polny	2
ANTAR	<i>Anthemis arvensis</i> L.	rumian polny	2
ANTSS	<i>Anthemis</i> spp.	rumianowate	2
ARTVU	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	bylica pospolita	2
BRSNI	<i>Brassica nigra</i> (L.) W.P.J. Koch	kapusta czarna	2
CAPBP	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	tasznik pospolity	2
CENCY	<i>Centaurea cyanus</i> L.	chaber bławatek	2
CHEAL	<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	2
CIRAR	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	ostrożeń polny	2
CONAR	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	powój polny	2
DESSO	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	stulicha psia	1
DIGSA	<i>Digitaria sanguinalis</i> L.	palusznik krwawy	1
ECHCG	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	chwastnica jednostronna	1
ELYRE	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	perz właściwy	1
EPHHE	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	wilczomlecz obrotny	2
EQUAR	<i>Equisetum arvense</i> L.	skrzyp polny	3
EROCI	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér	iglica pospolita	2
FUMOF	<i>Fumaria officinalis</i> L.	dymnica pospolita	2
GAETE	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	poziwchnik szorstki	2
GALAP	<i>Galium aparine</i> L.	przytulia czepna	2
GASPA	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	żółtlica drobnokwiatowa	2
GERPU	<i>Geranium pusillum</i> Burm. f. ex L.	bodziszek drobny	2
HSYNI	<i>Hyoscyamus niger</i> L.	lulek czarny	2
LAMAM	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	jasnota różowa	2
LAMPU	<i>Lamium purpureum</i> L.	jasnota purpurowa	2
LAMSS	<i>Lamium</i> spp.	jasnoty	2
LYCAR	<i>Anchusa arvensis</i> (L.) M. Bieb.	krzywoszyj polny	2
MATCH	<i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rauschert	rumianek pospolity	2
MATIN	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	maruna bezwonna	2
MELAL	<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garcke	bniec biały	2

cd. tab. 5

Skrót nazwy chwastu; Abbreviation weed	Nazwa łacińska; Latin name	Nazwa polska; Polish name	Klasa roślin; Class of plants*
MYOAR	<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill	niezapominajka polna	2
PAPRH	<i>Papaver rhoeas</i> L.	mak polny	2
POLAV	<i>Polygonum aviculare</i> L.	rdest ptasi	2
POLCO	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve	rdest powojowaty	2
POLPE	<i>Polygonum persicaria</i> L.	rdest plamisty	2
SETVI	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	włośnica zielona	1
SETSS	<i>Setaria</i> spp.	włosnice	1
SINAR	<i>Sinapis arvensis</i> L.	gorczyca polna (ognicha)	2
SOLNI	<i>Solanum nigrum</i> L. emend. Mill.	psianka czarna	2
SONAR	<i>Sonchus arvensis</i> L.	mlecz polny	2
STEME	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	gwiazdnica pospolita	2
THLAR	<i>Thlaspi arvense</i> L.	tobołki polne	2
VERHE	<i>Veronica hederifolia</i> L. s. str.	przetacznik bluszczowy	2
VERPE	<i>Veronica persica</i>	przetacznik perski	2
VERSS	<i>Veronica</i> spp.	przetaczniki	2
VICVI	<i>Vicia villosa</i> Roth	wyka kosmata	2
VIOAR	<i>Viola arvensis</i> Murray	fiołek polny (bratek polny)	2

W nawiasie podano synonim nazwy łacińskiej lub polskiej używany w przeszłości; In bracket is a synonym of latin or polish name used in the past are listed;

* 1 – jednoliścienne; monocotyledonous,

2 – dwuliścienne; dicotyledonous,

3 – rośliny z innych klas; other

Określenie plonowania

Zbiór kukurydzy w doświadczeniach polowych przeprowadzano ręcznie w fazie dojrzałości pełnej, ustalając liczbę i masę kolb, plon ziarna oraz masę tysiąca ziaren (MTZ). Wyniki porównywano do obiektu nietraktowanego herbicydem. Plon ziarna i MTZ podawano w przeliczeniu na 15% wilgotności.

3.4. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH HERBICYDÓW I ADIUWANTÓW

W przeprowadzonych badaniach oceniano łącznie pięć herbicydów używanych samodzielnie oraz w mieszaninach (tab. 4) i trzy adiuwanty powszechnie stosowane w praktyce rolniczej w uprawie kukurydzy (tab. 4a).

Badane herbicydy należą do różnych grup chemicznych o zróżnicowanym mechanizmie działania:

- inhibitorów biosyntezy aminokwasów odpowiedzialnych za produkcję białek na poziomie komórkowym, do których należą nikosulfuron (Milagro 040 SC)

i rimsulfuron (Titus 25 WG) z grupy sulfonilomoczników. Wspólną cechą tej grupy herbicydów jest między innymi to, że objawy ich działania na roślinach rozwijają się powoli i uwidaczniają się po 3–4 tygodniach;

- inhibitorów biosyntezy pigmentów powodujących bielenie roślin oraz zahamowanie wzrostu na skutek reakcji związanej z blokowaniem syntezy karotenoidów. Przedstawicielem tej grupy jest mezotrion (Callisto 100 SC). W badaniach charakterystyczne objawy uszkodzeń wielu gatunków chwastów najsilniej pojawiały się na młodych organach w kilka dni po zabiegu;
- regulatorów wzrostu reprezentowanych przez dikambę (Banvel 480 SL) należącą do pochodnych kwasu benzoowego i wywołującą zwijanie liści, spadek turgoru roślin, hamowanie wzrostu oraz silne uszkodzenia systemu korzeniowego wielu gatunków dwuliściennych;
- mieszaniny inhibitorów pigmentów, wzrostu siewek i fotosyntezy, czyli metolachlor + mezotrion + terbutyloazyna, których przykładem jest Lumax 537,5 SE. Objawami fitotoksycznego działania mieszaniny tej grupy inhibitorów oprócz odbarwień, hamowania kiełkowania i wzrostu roślin jest zasychanie blaszek liściowych (Woźnica 2008).

Adiuwanty zastosowane z herbicydami należą do grup o zróżnicowanych właściwościach fizyczno-chemicznych, o specyficznym działaniu:

- surfaktantów syntetycznych – substancji powierzchniowo czynnych o właściwościach hydrofilowo-lipofilowych wykazujących powinowactwo do wody. Ich przedstawicielem jest Trend 90 EC dodawany do herbicydu Titus 25 WG (doświadczenia polowe);
- olejów pochodzenia mineralnego (oleje parafinowe uzyskiwane w procesie rafinacji ropy naftowej), które poprzez zdolność rozpuszczania substancji aktywnych herbicydów oraz wosku kutykularnego poprawiają ich skuteczność działania. Ich przedstawicielem jest Atpolan 80 EC dodawany do herbicydów i ich mieszaniny (doświadczenia wazonowe);
- estrów metylowych kwasów tłuszczowych charakteryzujących się podobnymi właściwościami jak oleje mineralne. Ich przedstawicielem jest Actriob 842 EC dodawany do herbicydów Milagro 040 SC i Callisto 100 SC oraz ich mieszaniny (doświadczenia wazonowe).

3.5. WSPÓLDZIAŁANIE ADIUWANTÓW W MIESZANINACH Z HERBICYDAMI W NISZCZENIU CHWASTÓW W WARUNKACH DOŚWIADCZEŃ WAZONOWYCH

Badania prowadzono w oparciu o trzykrotnie powtórzone serie testów biologicznych w hali wegetacyjnej Zakładu Herbologii i Technik Uprawy Roli IUNG-PIB we Wrocławiu w latach 2007–2008. Eksperymenty wykonywano w warunkach o kontrolowanym poziomie wilgotności gleby, powietrza i temperatury, jako dwuczynnikowe doświadczenia wazonowe w układzie kompletnie zrandomizowa-

nym. Ich celem była ocena wpływu dodatku adiuwantów: Actirob 842 EC oraz Atpolan 80 EC na skuteczność działania herbicydów Milagro 040 SC i Callisto 100 SC oraz ich mieszaniny, stosowanych w dawkach pełnych oraz obniżonych.

Roślinami testowymi były cztery gatunki chwastów: chwastnica jednostronna, szarłat szorstki i komosa biała dominujące na plantacjach kukurydzy oraz przytułia czepna – gatunek trudny do niszczenia w tej uprawie. Nasiona chwastów pozyskane z plantacji, na których zakładano doświadczenia polowe, wysiewano do wazonów o pojemności 5 dm³ i wymiarach 4 cm x 4 cm. Wazony wypełniano mieszaniną składającą się z torfu i piasku w stosunku 2:1. Doświadczenia prowadzono w następujących warunkach: długość dnia –14 godzin, długość nocy – 10 godzin, temperatura dnia 21°C i nocy 14°C oraz promieniowanie światła 250 μmol·m⁻²·s⁻¹, w trzech powtórzeniach. Po siewie i wykiełkowaniu nasion wykonywano przerywkę roślin, pozostawiając 4 rośliny w wazonie. Oprysk przeprowadzano na chwasty będące w fazie 7–8 liści.

Pełną charakterystykę herbicydów i adiuwantów, jakie zastosowano przeciwko poszczególnym gatunkom chwastów podano w tabeli 4 i 4a. Badane środki aplikowano w czterech dawkach: maksymalnej zalecanej – 100% dawki pełnej (DP) oraz obniżonych 4/5 DP, 2/3 DP i 1/2 DP.

Zabieg herbicydowy wykonywano w szklarniowej komorze opryskowej „Aporo” wyposażonej w ruchomą głowicę z dyszą typu TeeJet XR 11003 – VS zapewniającą utrzymanie stałego ciśnienia roboczego o wartości 0,25 MPa oraz wydatku cieczy użytkowej na poziomie 250 l·ha⁻¹.

Po upływie 4 tygodni od daty aplikacji herbicydów oznaczano świeżą masę nadziemnych części chwastów z każdego wazonu. Chwasty ścinano bezpośrednio nad powierzchnią gleby i ważono. Na podstawie ubytku świeżej masy chwastów pomiędzy obiektami traktowanymi herbicydami a obiektem kontrolnym (bez użycia herbicydu) określano skuteczność działania badanych środków. Jako minimalny poziom skuteczności, zgodnie z obowiązującymi w herbologii metodami oraz unormowaniami prawnymi (EPP0 1998, Rozp. MRiRW 2004), przyjęto ubytek liczby lub redukcję świeżej masy chwastu o co najmniej 85% w stosunku do obiektu kontrolnego, nietraktowanego herbicydami.

3.6. STATYSTYCZNE OPRAWOWANIE WYNIKÓW

W statystycznym opracowaniu wyników zastosowano metodę analizy wariancji dla doświadczeń polowych i mikropoletkowych w układzie losowanych bloków oraz dla doświadczeń wazonowych w układzie kompletnej randomizacji. Istotność różnic testowano, wykorzystując półprzedział ufności Tukey’a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Obliczenia wykonane zostały za pomocą programu komputerowego AWAR 2.0 opracowanego w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach oraz w programie Statgraphics v. 1.41 PL.

W celu testowania istotności statystycznej wpływu stanowiska glebowego, wielkości gospodarstwa i roku badań na zmienność liczebności wytypowanych gatunków chwastów posłużono się analizą log-liniową i korespondencji. Powyższe analizy umożliwiają ocenę zmienności liczebności poszczególnych gatunków chwastów nawet w przypadku braku danego gatunku na jednym lub kilku obiektach doświadczalnych. Wszelkie istotne odchylenia obserwowanych liczebności od oczekiwanych wskazują w tej analizie na istnienie zależności (interakcji) między badanymi zmiennymi. Po przekształceniu logarytmicznym wartości oczekiwanych, model przyjmuje postać liniową, która w najprostszym przypadku może być przedstawiona wzorem:

$$\text{Ln}(E_{ij}) = M + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_{ij}^{XY}$$

gdzie: E_{ij} – wartości oczekiwane;

M – ogólna średnia oparta na równej liczebności w każdej komórce;

λ_i^X – efekt i-tej wartości zmiennej X ;

λ_j^Y – efekt j-tej wartości zmiennej Y ;

λ_{ij}^{XY} – efekt interakcji i-tej wartości zmiennej X oraz j-tej wartości zmiennej Y .

Model log-liniowy pozwala na weryfikację hipotezy zerowej, która zakłada brak współdziałań dwóch lub więcej analizowanych zmiennych. Umożliwia również, po odrzuceniu nieistotnych interakcji, ocenę wpływu poszczególnych czynników na zmienność badanej populacji. Dlatego powiązania między liczebnością gatunków chwastów, wielkością gospodarstwa rolnego, typem gleby oraz latami badań oceniono przy pomocy analizy log-liniowej. Następnie wykonano analizę korespondencji stosowaną często w pracach Hilla (1974), nazywaną analizą odpowiedniości, skalowaniem optymalnym lub analizą jednorodności. Jej głównym celem jest przedstawienie zmiennych z czterowymiarowej tablicy wielozmiennych na wykresie dwuwymiarowym, czyli przedstawienie zbioru punktów (wielkości gospodarstw na określonych typach gleb) w przestrzeni zredukowanej do dwóch wymiarów. Zróznicowanie zmiennych jest przedstawione na wykresie w ten sposób, że zachowana zostaje prawie pełna informacja o zmienności analizowanych czynników.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. ZMIANY W BIORÓŻNORODNOŚCI ZACHWASZCZENIA KUKURYDZY NA TRZECH TYPAH GLEB ZACHODZĄCE NA PRZESTRZENI LAT 1972–2008

Zmieniające się w ostatniej dekadzie warunki pogodowe – wzrost temperatury w porównaniu ze średnimi wieloletnimi oraz opady utrzymujące się na podobnym poziomie (tab. 6) doprowadziły w konsekwencji do wcześniejszej wegetacji roślin. Łagodne, często bezśnieżne zimy i wczesne przedwiośnia pobudziły rozwój większej liczby gatunków chwastów, korzystniej wpłynęły na ich kondycję, a majowe chłody nie zagroziły ich rozwojowi. Niektóre z nich już na początku wegetacji kukurydzy, gdzie

wprowadzono uproszczenia uprawowe, były bardziej rozwinięte, często z formami, które przetrwały bezśnieżną zimę. W latach badań 2000–2008 jedynie w czerwcu 2006 roku pojawił się deficyt wody, a na początku sierpnia 2007 roku wystąpiły objawy suszy, które jednak nie wpłynęły znacząco na stan zachwaszczenia i plonowanie kukurydzy.

Tabela 6

Średnie miesięczne temperatury powietrza (T) oraz miesięczne sumy opadów (O)
w rejonie Wrocławia w latach 1956–1996 i 1997–2008
Monthly mean temperature of air (T) and monthly mean sum of precipitation (O)
in Wrocław region in 1956–1996 and 1997–2008

Lata; Years	Warunki pogodowe; Weather conditions		Miesiąc; Month						
			kwiecień; April	maj; May	czerwiec; June	lipiec; July	sierpień; August	wrzesień; September	październik; October
1956–1996	T (°C)	8,4	8,0	13,3	16,6	18,2	17,5	13,5	8,8
	O (mm)	560,6	37,6	61,3	71,4	80,0	67,7	47,6	38,4
1997–2008	T (°C)	9,4	9,1	14,9	18,0	19,7	18,9	13,7	9,7
	O (mm)	562,9	30,8	57,8	49,8	84,5	70,4	35,3	34,6

Badania prowadzone przez Rolę i in. (1992) w latach 1972–1991 nad występowaniem gatunków segetalnych na różnych kompleksach glebowych makroregionu południowo-zachodniego Polski pozwoliły ustalić stan zachwaszczenia na plantacjach kukurydzy. Na podstawie stopni stałości fitosocjologicznej i współczynnika pokrycia wytypowano gatunki powszechnie występujące i stwierdzono, że największe zagrożenie na czarnych ziemiach należących do kompleksów glebowych 1 i 2 w grupie gatunków jednoliściennych stanowiła chwastnica jednostronna, a z dwuliściennych komosa biała i gwiazdnica pospolita. Natomiast rdest powojowaty i plamisty oraz włośnica zielona pojawiały się rzadziej, w mniejszym nasileniu i najczęściej utrzymywały się w zasiewach aż do zbioru (tab. 7). Na brunatnych glebach kompleksów 4 i 5 najczęściej spotykano zbiorowiska z dużym udziałem komosy białej, perzu właściwego, gwiazdnicy pospolitej oraz w nieco mniejszym nasileniu chwastnicy jednostronnej. Natomiast stan zachwaszczenia takimi gatunkami, jak: rdest powojowaty i plamisty oraz włośnica zielona i skrzyp polny na tych stanowiskach był sporadyczny. Na liście florystycznej zbiorowisk chwastów towarzyszących uprawom kukurydzy na glebach płowych kompleksów 5 i 6 obecne były głównie: perz właściwy, komosa biała i gwiazdnica pospolita, pozostałe gatunki z tej listy występowały rzadko i sporadycznie (tab. 7).

Tabela 7

Stan zachwaszczenia kukurydzy gatunkami segetalnymi na podstawie zdjęć fitosocjologicznych w makroregionie południowo-zachodnim Polski wykonanych w latach 1972–1991 (Rola i in. 1992)

Weed infestation of species on arable land in maize according to phytosociological relevies in South-Western macroregion of Poland made in 1972–1991 (Rola et al. 1992)

Gatunek; Species	Liczba zdjęć; Number of relevers	Liczba wystąpień; Number of occurrence	S*	W.p.**
czarne ziemie – kompleks przydatności rolniczej 1 i 2; haplic phaeozems – complex of agricultural suitability 1 and 2				
<i>Chenopodium album</i>	1112	1001	V	1567
<i>Echinochloa crus-galli</i>		846	IV	1325
<i>Stellaria media</i>		889	IV	567
<i>Setaria</i> spp.		368	II	294
<i>Elymus repens</i>		344	II	244
<i>Fallopia convolvulus</i>		112	I	42
<i>Fallopia persicaria</i>		79	I	43
gleby brunatne – kompleks przydatności rolniczej 4 i 5; haplic cambisols – complex of agricultural suitability 4 and 5				
<i>Chenopodium album</i>	128	121	V	2186
<i>Elymus repens</i>		83	IV	2074
<i>Stellaria media</i>		115	V	832
<i>Echinochloa crus-galli</i>		125	V	634
<i>Fallopia convolvulus</i>		57	III	179
<i>Fallopia persicaria</i>		29	II	79
<i>Setaria</i> spp.		71	III	36
<i>Equisetum arvense</i>		64	III	28
gleby płowe – kompleks przydatności rolniczej 5 i 6; haplic luvisols – complex of agricultural suitability 5 and 6				
<i>Chenopodium album</i>	565	527	V	1782
<i>Elymus repens</i>		519	V	1502
<i>Stellaria media</i>		520	V	1569
<i>Echinochloa crus-galli</i>		421	IV	1443
<i>Setaria</i> spp.		178	II	978
<i>Equisetum arvense</i>		411	IV	489
<i>Fallopia convolvulus</i>		48	I	258
<i>Fallopia persicaria</i>		44	I	47

* S – stałość fitosocjologiczna; phytosociological stability, **W.p. – współczynnik pokrycia; cover factor

a) zmiany w bioróżnorodności zachwaszczenia na czarnych ziemiach

Obserwacje pól prowadzone w latach 2000–2008 wykazały duże zróżnicowanie gatunkowe chwastów w uprawie kukurydzy. Na stanowiskach czarnych ziem zanotowano łącznie obecność 27 taksonów (tab. 8). W porównaniu z obserwacjami prowadzonymi przez Rolę i in. (1992) współczynniki pokrycia dwóch dominujących gatunków komosy białej i chwastnicy jednostronnej były niższe. Nowym zagrożeniem na tych stanowiskach okazały się szarłat szorstki o współczynniku pokrycia 709 oraz psianka czarna o średnim współczynniku pokrycia 412, co zostało udokumentowane na prawie 60% wszystkich zdjęć. Udział psianki czarnej w zasiewach w latach badań stale wzrastał. Od kilku lat nasila się również obecność ciepłolubnych i późnoshodzących gatunków blekotu pospolitego i lulka czarnego. W zbiorowisku zanotowano również nieliczną obecność zaślazu pospolitego o niewielkim współczynniku pokrycia, jednak coraz częściej towarzyszącego tej uprawie. Nadal w dużym nasileniu, zwłaszcza na początku wegetacji kukurydzy spotykano jasnotę purpurową oraz tobołki polne z II stopniem stałości fitosocjologicznej, tj. granicach od 21 do 40% częstości występowania (Pawłowski 1972). Często notowanym gatunkiem późnoshodzącym i zagrażającym głównie w drugiej połowie wegetacji kukurydzy była włośnica zielona. Przez cały okres wegetacji kukurydzy, aż do jej zbioru, gatunkami stale utrzymującymi się w zasiewach były: przetacznik perski, rdest powojowaty i plamisty. Natomiast wilczomlecz obrotny i lulek czarny występowały stale na tych plantacjach, ale w niewielkich liczebnościach. Wiele gatunków towarzyszących tym zbiorowiskom, jak np.: tasznik pospolity, wyka kosmata, kurzyślak polny, powój polny i fiołek polny, uzależniały swoją obecność od warunków pogodowych. W porównaniu z poprzednimi latami istotnie spadło zagrożenie gwiazdnicą pospolitą i perzem zwłaszcza na czarnych ziemiach, które z dominujących stały się gatunkami jedynie towarzyszącymi (tab. 7).

Ważnym elementem tych obserwacji jest obecność na liście florystycznej nowego ekspansywnego gatunku – zaślazu pospolitego.

Aktualnie w zbiorowisku chwastów kukurydzy uprawianej na czarnych ziemiach występuje większa ich bioróżnorodność niż na pozostałych typach gleb, jednak liczebność w obrębie danego gatunku jest na ogół mniejsza niż w latach 1972–1991 (tab. 8).

Tabela 8

Stan zachwaszczenia kukurydzy gatunkami segetalnymi na podstawie zdjęć fitosocjologicznych w makroregionie południowo-zachodnim Polski wykonanych w latach 2000–2008

Weed infestation of species on arable land in maize according to phytosociological relevies in South-Western macroregion of Poland made in 2000–2008

Gatunek; Species	Liczba zdjęć; Number of releviers	Liczba wystąpień; Number of occurrence	S*	W.p.**
czarne ziemie – kompleks przydatności rolniczej 1 i 2; haplic phaeozems – complex of agricultural suitability 1 and 2				
<i>Chenopodium album</i>	492	473	V	989
<i>Echinochloa crus-galli</i>		468	V	888
<i>Amaranthus retroflexus</i>		342	IV	709
<i>Solanum nigrum</i>		222	III	412
<i>Thlaspi arvense</i>		167	II	337
<i>Setaria</i> ssp.		154	II	256
<i>Lamium purpureum</i>		126	II	147
<i>Anthemis arvensis</i>		118	II	171
<i>Aethusa cynapium</i>		115	II	162
<i>Fallopia convolvulus</i>		104	II	124
<i>Veronica persica</i>		102	II	105
<i>Polygonum persicaria</i>		105	II	86
<i>Euphorbia helioscopia</i>		104	II	85
<i>Hyoscyamus niger</i>		93	II	83
chwasty towarzyszące; associated weeds: <i>Abutilon theophrasti</i> , <i>Anagalis arvensis</i> , <i>Brassica nigra</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Erodium cicutarium</i> , <i>Galium aparine</i> , <i>Lamium amplexicaule</i> , <i>Anchusa arvensis</i> , <i>Melandrium album</i> , <i>Stellaria media</i> , <i>Sonchus arvensis</i> , <i>Vicia villosa</i> , <i>Viola arvensis</i> W. p. : 35–85, (S): I				
gleby brunatne – kompleks przydatności rolniczej 4 i 5; haplic cambisols – complex of agricultural suitability 4 and 5				
<i>Echinochloa crus-galli</i>	254	251	V	1256
<i>Chenopodium album</i>		245	V	1356
<i>Veronica</i> ssp.		157	IV	852
<i>Anthemis arvensis</i>		144	III	821
<i>Fallopia convolvulus</i>		119	III	607
<i>Polygonum aviculare</i>		92	II	533
<i>Lamium purpureum</i>		90	II	311
<i>Galium aparine</i>		87	II	303
<i>Polygonum persicaria</i>		64	II	194
<i>Setaria</i> ssp.		57	II	138
chwasty towarzyszące; associated weeds: <i>Digitaria sanguinalis</i> , <i>Elymus repens</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Fumaria officinalis</i> , <i>Geranium pusillum</i> , <i>Thlaspi arvense</i> , <i>Solanum nigrum</i> , <i>Viola arvensis</i> , <i>Stellaria media</i> W. p. : 24–53, (S): I				

cd. tab. 8

Gatunek; Species	Liczba zdjęć; Number of relevers	Liczba wystąpień; Number of occurrence	S*	W.p.**
gleby płowe – kompleks przydatności rolniczej 5 i 6; haplic luvisols – complex of agricultural suitability 5 and 6				
<i>Chenopodium album</i>	238	235	V	2790
<i>Echinochloa crus-galli</i>		232	V	3038
<i>Viola arvensis</i>		181	IV	1236
<i>Veronica persica</i>		126	IV	823
<i>Anthemis arvensis</i>		122	III	451
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		119	III	279
<i>Elymus repens</i>		117	III	256
<i>Artemisia vulgaris</i>		97	II	127
chwasty towarzyszące; associated weeds: <i>Geranium pusillum</i> , <i>Lamium ssp.</i> , <i>Galinsoga parviflora</i> , <i>Sinapis arvensis</i> , <i>Stellaria media</i> , <i>Papaver rhoas</i> , <i>Cirsium arvense</i>				
W. p. : 21–48, (S): I				

*S – stałość fitosocjologiczna; phytosociological stability, **W.p. – współczynnik pokrycia; cover factor

b) zmiany w bioróżnorodności zachwaszczenia na glebach brunatnych

Na glebach brunatnych kompleksów 4 i 5 listę flory segetalnej tworzyło 19 gatunków, a dominującymi były: komosa biała, chwastnica jednostronna, przetaczniki i rumian polny. Gatunki te charakteryzowały się najwyższymi współczynnikami pokrycia i stopniami stałości fitosocjologicznej. Na liście florystycznej stale obecnymi taksonami o wysokich współczynnikach pokrycia oraz utrzymującymi się w zasiewach aż do zbiorów kukurydzy były rdesty: powojowaty, plamisty i ptasi. W zbiorowisku notowano duży udział gatunków dotąd niespotykanych w tej uprawie, jak: przytulia czepna i palusznik krwawy. Na ich pojawianie się mogły mieć wpływ uproszczenia w agrotechnice oraz stosowanie płodozmianu wysyczonego zbożami. Często tym fitocenozy towarzyszyły takie gatunki, jak: dymnica pospolita, bodziszek drobny, skrzyp polny i inne (tab. 8). W porównaniu z obserwacjami prowadzonymi przez Rolę i in. w latach 1972–1991 w zbiorowisku chwastów na tym typie gleb notowano stan zachwaszczenia na podobnym poziomie. Również współczynniki pokrycia i stałości fitosocjologicznej dla poszczególnych gatunków były porównywalne (tab. 8).

c) zmiany w bioróżnorodności zachwaszczenia na glebach płowych

Na glebach płowych kompleksów żytnich dobrych i słabych o różnorodności flory segetalnej najczęściej stanowiły: komosa biała, chwastnica jednostronna, fiołek polny i przetacznik perski o najwyższych współczynnikach pokrycia oraz pojawiające się w nieco mniejszym nasileniu rumian polny i tasznik pospolity. Na liście florystycznej zanotowano ogółem 15 gatunków segetalnych. W towarzystwie tych

taksonów sporadycznie spotykano: bodziszka drobnego, jasnoty, żółtlicę drobno-kwiatową, gorczycę polną (*Sinapis arvensis* L.), gwiazdnicę pospolitą, mak polny czy ostrożeń polny. Znacznie zmniejszyło się zagrożenie perzem właściwym, gatunkiem stale obecnym i o wysokim współczynniku pokrycia (1502) na tym typie gleb, co zostało stwierdzone w badaniach Roli i in. (1992) (tab. 7). Obecnie na tych samych stanowiskach gatunek ten jest uznany jako średnio częsty, o współczynniku pokrycia 256 (tab. 8).

Na wszystkich stanowiskach glebowych nadal dominowały komosa biała i chwastnica jednostronna, jednak z niższymi współczynnikami pokrycia, zaś w stosunku do badań prowadzonych w latach 1972–1991 obserwowano większy udział gatunków ciepłolubnych, późnoshodzących, jak: włośnice, szarłat szorstki, psianka czarna, blekot pospolity czy lulek czarny oraz gatunków towarzyszących dotąd uprawom zbóż, jak przytulia czepna i palusznik krwawy. Natomiast uproszczenia uprawowe, a zwłaszcza siew bezpośredni mógł być przyczyną licznego pojawiania się wieloletniego taksonu bylicy pospolitej. Obecnie coraz rzadziej spotyka się w tej uprawie perz właściwy, zwłaszcza na stanowiskach, gdzie prowadzone jest prawidłowe zmianowanie.

4.2. WPŁYW SYSTEMÓW UPRAWY ROLI NA BIORÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWĄ CHWASTÓW SEGETALNYCH

a) bioróżnorodność chwastów w pluznym i bezpluznym systemie uprawy w warunkach zastosowania płodozmianu

System uprawy roli wywarł istotny wpływ na zachwaszczenie kukurydzy uprawianej w tych samych warunkach siedliskowych. W badaniach prowadzonych na glebie płowej w warunkach płodozmianu oraz w systemie uprawy roli opartym na orce notowano największą bioróżnorodność gatunkową chwastów – łącznie 22 gatunki jedno- i dwuliścienne, w tym trzy gatunki dominujące z najwyższymi współczynnikami pokrycia: chwastnica jednostronna, komosa biała i fiołek polny. Natomiast w systemie opartym na uprawie uproszczonej wyodrębniono 19 taksonów, a wśród nich dwa gatunki dominujące: chwastnicę jednostronną i komosę białą; masowo występowały również fiołek polny i chaber bławatek. W warunkach uprawy uproszczonej zwiększyła swój udział włośnica zielona, a także pojawił się gatunek wieloletni – perz właściwy notowany na 40% wszystkich zdjęć fitosocjologicznych (tab. 9 i 10).

Tabela 9

Wybrane wskaźniki bioróżnorodności zbiorowisk chwastów w różnych systemach uprawowych kukurydzy przed zastosowaniem herbicydów w latach 2004–2008
 Selected indicators of weed infestation biodiversity at different maize cultivation systems before herbicides application in years 2004–2008

Wskaźniki bioróżnorodności zbiorowisk; Indicators of communities biodiversity	Uprawa kukurydzy w płodozmianie; Maize cultivation in crop rotation		Monokultura kukurydzy; Monoculture of maize							
	system płuźny; ploughing system	system uproszczony; reduced system	system płuźny; ploughing system	system uproszczony; reduced system	siew bezpośredni; direct sowing					
Średnia liczba gatunków w zdjęciu fitosocjologicznym; Average number of species per phytosociological record	20	17	14	13	10					
Łączna liczba gatunków; Total number of species	22	19	15	14	11					
w tym; including:										
– jednoliścienne jednoroczne; annual monocotyledonous: <i>Echinochloa crus-galli</i> <i>Setaria</i> spp.	2	2	2	2	2					
– jednoliścienne wieloletnie; perennial monocotyledonous: <i>Elymus repens</i>	0	0	0	1	1					
– dwuliścienne jednoroczne; annual dicotyledonous	20	16	13	10	7					
– dwuliścienne wieloletnie; perennial dicotyledonous: <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Convolvulus arvensis</i>	0	0	0	1	2					
– inne wieloletnie; others <i>Equisetum arvense</i>	0	1	0	0	1					
Gatunki dominujące; Dominant weed species	S*	W.p.**	S	W.p.	S	W.p.	S	W.p.	S	W.p.
<i>Echinochloa crus-galli</i>	V	3335	V	3538	V	3169	V	3256	V	3656
<i>Chenopodium album</i>	V	2659	V	3905	V	3806	V	4136	V	4443
<i>Viola arvensis</i>	V	1164	V	489	V	494	V	649	V	505
<i>Centaurea cyanus</i>	-	-	V	336	-	-	V	383	-	-
<i>Veronica persica</i>	-	-	V	325	V	473	V	498	-	-
<i>Polygonum aviculare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	V	427
<i>Fallopia convolvulus</i>					-	-			V	392
Suma współczynników pokrycia; Sum of weed infestation rate	7158		8593		7942		8922		9423	

*S – stałość fitosocjologiczna; phytosociological stability, **W.p. – współczynnik pokrycia; cover factor

Tabela 10

Bioróżnorodność zbiorowisk chwastów w różnych systemach uprawowych kukurydzy na podstawie zdjęć fitosocjologicznych w makroregionie południowo-zachodnim Polski w latach 2004–2008

Biodiversity of weed communities in different soil cultivation systems of maize according to phytosociological relevés in South-Western macroregion of Poland in 2004–2008

Gatunek chwastu; Weed species	Liczba zdjęć; Number of relevés	Liczba wystąpień; Number of occurrence	S*	W.p.**
uprawa kukurydzy w płodozmianie – system uprawy oparty na orce; maize cultivated in crop rotation – ploughing system				
<i>Echinochloa crus-galli</i>	45	20	V	3335
<i>Chenopodium album</i>		20	V	2659
<i>Viola arvensis</i>		19	V	1164
<i>Centaurea cyanus</i>		13	IV	396
<i>Veronica persica</i>		15	IV	357
<i>Anthemis arvensis</i>		16	IV	252
<i>Papaver rhoas</i>		15	IV	233
<i>Solanum nigrum</i>		13	IV	195
<i>Setaria</i> spp.		16	IV	137
<i>Amaranthus retroflexus</i>		15	IV	125
<i>Matricaria inodora</i>		16	IV	75
<i>Aethusa cynapium</i>		13	IV	72
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		15	IV	65
<i>Geranium pusillum</i>		12	III	38
<i>Stellaria media</i>		11	III	34
<i>Fallopia convolvulus</i>		13	IV	30
<i>Polygonum persicaria</i>		13	IV	26
<i>Fumaria officinalis</i>		11	III	23
<i>Thlaspi arvense</i>		12	III	18
<i>Sinapis arvensis</i>		9	III	14
<i>Galinsoga parviflora</i>	9	III	12	
<i>Euphorbia helioscopia</i>	9	III	10	

cd. tab 10

Gatunek chwastu; Weed species	Liczba zdjęć; Number of relevés	Liczba wystąpień; Number of occurrence	S*	W.p.**
uprawa kukurydzy w płodozmianie – uproszczony system uprawy; maize cultivated in crop rotation – reduced soil tillage				
<i>Chenopodium album</i>	45	20	V	3905
<i>Echinochloa crus-galli</i>		20	V	3538
<i>Viola arvensis</i>		20	V	489
<i>Centaurea cyanus</i>		18	V	336
<i>Veronica persica</i>		18	V	325
<i>Setaria</i> spp.		16	IV	315
<i>Papaver rhoas</i>		14	IV	256
<i>Solanum nigrum</i>		12	IV	185
<i>Amaranthus retroflexus</i>		12	IV	176
<i>Anthemis arvensis</i>		9	III	172
<i>Aethusa cynapium</i>		9	III	70
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		9	III	68
<i>Geranium pusillum</i>		9	III	39
<i>Sinapis arvensis</i>		9	III	25
<i>Fallopia convolvulus</i>		10	III	23
<i>Galinsoga parviflora</i>		10	III	22
<i>Polygonum persicaria</i>		10	III	19
<i>Stellaria media</i>		8	II	17
<i>Equisetum arvense</i>	8	II	14	
monokultura kukurydzy – system uprawy oparty na orce; monoculture of maize – ploughing system				
<i>Chenopodium album</i>	45	20	V	3169
<i>Echinochloa crus-galli</i>		20	V	3806
<i>Viola arvensis</i>		19	V	494
<i>Veronica persica</i>		18	V	473
<i>Anthemis arvensis</i>		15	IV	299
<i>Polygonum aviculare</i>		14	IV	266
<i>Amaranthus retroflexus</i>		14	IV	163
<i>Papaver rhoas</i>		14	IV	152
<i>Setaria</i> spp.		14	IV	149
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		13	IV	65
<i>Fallopia convolvulus</i>		12	III	38
<i>Geranium pusillum</i>		12	III	27
<i>Centaurea cyanus</i>		12	III	10
<i>Aethusa cynapium</i>		8	III	6
<i>Polygonum persicaria</i>		8	III	5

cd. tab 10

Gatunek chwastu; Weed species	Liczba zdjęć; Number of releves	Liczba wystąpień; Number of occurrence	S*	W.p.**
monokultura kukurydzy – uproszczony system uprawy; monoculture of maize – reduced soil tillage system				
<i>Chenopodium album</i>	45	20	V	4443
<i>Echinochloa crus-galli</i>		20	V	3656
<i>Viola arvensis</i>		20	V	649
<i>Veronica persica</i>		19	V	498
<i>Centaurea cyanus</i>		19	V	383
<i>Anthemis arvensis</i>		16	V	357
<i>Galinsoga parviflora</i>		16	IV	254
<i>Setaria</i> spp.		16	IV	168
<i>Elymus repens</i>		15	IV	139
<i>Polygonum aviculare</i>		15	IV	107
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		14	IV	19
<i>Fallopia convolvulus</i>		13	IV	12
<i>Equisetum arvense</i>		12	III	12
<i>Artemisia vulgaris</i>		8	III	10
monokultura kukurydzy – system oparty na siewie bezpośrednim; monoculture of maize – direct sowing				
<i>Echinochloa crus-galli</i>	45	20	V	4443
<i>Chenopodium album</i>		20	V	3656
<i>Viola arvensis</i>		20	V	505
<i>Polygonum aviculare</i>		19	V	427
<i>Fallopia convolvulus</i>		17	V	392
<i>Galinsoga parviflora</i>		16	IV	259
<i>Elymus repens</i>		15	IV	130
<i>Artemisia vulgaris</i>		15	IV	113
<i>Equisetum arvense</i>		12	III	46
<i>Setaria</i> spp.		6	II	12
<i>Convolvulus arvensis</i>		6	II	17

*S – stałość fitosocjologiczna; phytosociological stability, **W.p. – współczynnik pokrycia; cover factor

b) bioróżnorodność chwastów w płuznym i bezpłuznym systemie uprawy w warunkach zastosowania monokultury

W zachwaszczeniu monokultury kukurydzy w efekcie prowadzenia uprawy uproszczonej, konwencjonalnej lub siewu bezpośredniego również wystąpiło zróżnicowanie w składzie florystycznym i liczebności gatunków chwastów (tab. 9 i 10). W poszczególnych systemach uprawowych dominowały komosa biała i chwastnica jednostronna występujące w różnym nasileniu. Im większe wprowadzono uproszczenia uprawowe, tym większy obserwowano udział tych taksonów, zwłaszcza komosy

białej. Współczynnik pokrycia dla tego gatunku w uprawie zerowej wzrósł o 1784 w porównaniu do uprawy płuźnej w płodozmianie. Na liście chwastów jedno- i dwuliściennych zanotowanej w uprawie opartej na orce obecnych było 15 gatunków (tab. 9 i 10); fitocenozą monokultury kukurydzy w systemie uproszczonym była uboższa i składała się z 14 gatunków, zaś w siewach bezpośrednich stwierdzono zaledwie 11 gatunków (tab. 10). Częstotliwość występowania oraz współczynniki pokrycia poszczególnych gatunków pozwalają dokonać oceny faktycznego zagrożenia monokultury kukurydzy w omawianych systemach uprawowych (tab. 9). W strukturze zachwaszczenia monokultury zmniejszyła się liczba chwastów dwuliściennych w porównaniu z uprawą konwencjonalną z zastosowaniem płodozmienu. W monokulturze kukurydzy obserwowano również większe nasilenie gatunków jednoliściennych jednorocznych i wieloletnich często lub stale obecnych zwłaszcza w systemach uproszczonych i w siewie bezpośrednim w porównaniu do tych systemów stosowanych w płodozmianie. W przypadku grupy chwastów wieloletnich znacznie wzrosło zagrożenie nimi w systemie opartym na siewie bezpośrednim; tworzyły ją poza perzem właściwym gatunki dwuliścienne – bylica pospolita (*Artemisia vulgaris* L.) i ostrożeń polny oraz skrzyp polny. Na uwagę zasługuje udział gatunków dominujących w łącznym pokryciu powierzchni przez chwasty, zwłaszcza komosy białej i chwastnicy jednostronnej. W systemie opartym na siewie bezpośrednim suma współczynników pokrycia dla obu gatunków wynosiła 8099, zaś w uprawie konwencjonalnej z zastosowaniem płodozmienu 5994 (tab. 9). Największą bioróżnorodność flory segetalnej stwierdzono w kukurydzy uprawianej konwencjonalnie z zastosowaniem płodozmienu, zaś najmniejsze zachwaszczenie spotykano w siewie bezpośrednim. W przypadku zastosowania płodozmienu jak i w monokulturze po wprowadzeniu uproszczeń uprawowych obserwowano pojawienie się gatunków wieloletnich bylicy pospolitej i skrzypu polnego, natomiast w monokulturze kukurydzy uprawianej z zastosowaniem siewu bezpośredniego wzrosło zachwaszczenie perzem właściwym (tab. 9).

Uzyskane wyniki potwierdzają prawidłowość większego bogactwa gatunkowego zbiorowisk chwastów w uprawie konwencjonalnej z zastosowaniem płodozmienu, charakteryzujących się również większą stabilnością od pozostałych systemów uproszczonych, zwłaszcza stosowanych w monokulturze.

4.3. ZMIENNOŚĆ ZACHWASZCZENIA W ZALEŻNOŚCI OD TYPU GLEBY I WIELKOŚCI GOSPODARSTWA

Badania nad stanem zachwaszczenia przeprowadzono w latach 2002–2008 na obszarze południowo-zachodniej Polski, w gospodarstwach rolnych różniących się wielkością powierzchni i typem gleb. Zmiany w zbiorowiskach chwastów badano na plantacjach małoobszarowych (5–15 ha – poniżej 4 ESU), średnioobszarowych (15–25 ha – 8–12 ESU) i wielkoobszarowych (powyżej 25 ha – 16–40 ESU). W tabeli 11 podano liczebności 13 stale obecnych gatunków w analizowanych gospodarstwach wraz z gatunkami towarzyszącymi charakterystycznymi dla danego stanowiska glebowego.

Tabela 11

Bioróżnorodność gatunkowa chwastów segetalnych na trzech stanowiskach glebowych w zależności od wielkości gospodarstwa w latach 2002–2008
Species biodiversity of arable land weeds on three soils in dependency of farm size in years 2002–2008

Gatunek chwastu; Weed species	Czarne ziemie; Haplic phaeozems			Gleby brunatne; Haplic cambisols			Gleby płowe; Haplic cambisols		
	I*	II	III	I	II	III	I	II	III
	liczba chwastów na 1m ² ; number of weeds per 1 m ²								
<i>Amaranthus retroflexus</i>	9	12	14	5	9	9	2	2	1
<i>Anthemis arvensis</i>	2	5	6	2	9	8	10	12	17
<i>Chenopodium album</i>	12	24	27	27	35	35	48	52	69
<i>Echinochloa crus-galli</i>	11	17	19	34	48	56	98	116	156
<i>Elymus repenes</i>	1	5	9	6	17	15	23	25	29
<i>Galium aparine</i>	3	3	1	5	5	5	1	2	2
<i>Lamium ssp.</i>	2	2	2	1	4	4	5	6	5
<i>Fallopia convolvulus</i>	1	1	1	3	2	5	2	1	2
<i>Polygonum persicaria</i>	1	3	2	3	5	2	2	2	3
<i>Setaria viridis</i>	14	12	14	3	3	7	1	1	3
<i>Solanum nigrum</i>	14	12	7	3	5	3	1	2	2
<i>Veronica hederifolia</i>	1	1	1	9	11	15	4	8	8
<i>Viola arvense</i>	2	5	2	6	9	10	11	12	15
gatunki towarzyszące; accompanying species									
<i>Aethusa cynapium</i>	3	9	11	-	2	2	-	-	2
<i>Artemisia vulgaris</i>	-	-	-	5	5	2	-	-	1
<i>Capsella bursa pastoris</i>	-	-	1	-	-	3	7	7	7
<i>Centaurea cyanus</i>	-	-	-	-	-	-	6	6	6
<i>Cirsium arvense</i>	-	-	1	3	3	3	4	8	8
<i>Geranium pusillum</i>	-	-	-	-	11	14	-	3	5
<i>Galinsoga parviflora</i>	-	-	-	-	-	-	1	4	15
<i>Thlaspi arvense</i>	3	6	6	2	6	4	-	-	-

*I – gospodarstwa wielkoobszarowe; large-sized farms, II – gospodarstwa średnioobszarowe; medium-sized farms, III – gospodarstwa małoobszarowe; small-sized farms

Nasilenie występowania poszczególnych gatunków chwastów zmieniało się w zależności od typu gleby i wielkości gospodarstwa. Na czarnych ziemiach, w gospodarstwach o powierzchni powyżej 25 ha zanotowano cztery gatunki dominujące – komosę białą, chwastnicę jednostronną, włośnicę zieloną, psiankę czarną, o zbliżonych liczebnościach od 11 do 14 roślin·m⁻², niewielkie liczebności pozostałych oraz dwa gatunki towarzyszące. Natomiast w gospodarstwach o powierzchni od 15 do 25 ha, jak i w małoobszarowych, poniżej 15 ha, obserwowano dominację dwóch gatunków: komosy białej i chwastnicy jednostronnej o liczebnościach od 17 do 24 roślin·m⁻² w gospodarstwach większych i od 19 do 27 roślin·m⁻² w mniejszych, niewielkie nasilenie pozostałych gatunków oraz dwa nowe taksony towarzyszące.

Na glebach brunatnych niezależnie od wielkości gospodarstwa i intensywności produkcji zanotowano obecność komosy białej i chwastnicy jednostronnej jako gatunków dominujących. Ich nasilenie wzrastało wraz ze spadkiem intensywności produkcji i zmniejszaniem się powierzchni analizowanych gospodarstw.

Na glebach płowych obserwowano podobną zależność, jednak zachwaszczenie gatunkami dominującymi było znacznie większe, zwłaszcza w gospodarstwach o najmniejszym areale. Dla tego typu gospodarstw wykazano najwięcej gatunków towarzyszących o niewielkim nasileniu (tab. 11).

W celu testowania istotności statystycznej wpływu stanowiska glebowego, wielkości gospodarstwa i roku badań na zmienność liczebności wytypowanych gatunków chwastów posłużono się analizą log-liniową i korespondencji. Wybrane analizy statystyczne ułatwiają określenie zależności zachwaszczenia od takich czynników, jak: typ gleby, wielkość gospodarstwa oraz od lat badań. Analiza korespondencji jest metodą wielowymiarową pozwalającą oceniać cechy jakościowe o charakterze nieciągłym, w tym przypadku liczebność chwastów. Inna statystyczna metoda wielocechowa to np. analiza składowych głównych, która służy do analizowania cech ilościowych o charakterze ciągłym, takich jak: plon, masa tysiąca ziaren czy inne elementy struktury plonu.

W celu analizy optymalnego modelu do testowania poszczególnych czynników doświadczenia obliczono wartości testu χ^2 dla efektów głównych (tab. 12). Następnie badano poszerzone modele, uwzględniając interakcje drugiego, trzeciego i czwartego rzędu pomiędzy badanymi czynnikami. Obliczone statystyki dla modelu ze współdziałaniami drugiego rzędu były istotne na poziomie istotności $< 0,01$, dlatego należy odrzucić hipotezę o niezależności liczby analizowanych gatunków chwastów od wielkości gospodarstwa rolnego, typu gleby i lat badań. Włączenie interakcji trzeciego rzędu do rozpatrywanego modelu poprawia jego dopasowanie, o czym świadczą istotne wartości testu χ^2 .

Tabela 12

Wyniki testowania efektów głównych i wszystkich interakcji testowanych czynników
The results of testing the main effects and of fitting all K-factor interactions

Czynnik testowany; K-Factor	Stopnie swobody; Degrees of freedom	Najwyższa wiarygodność; Maximum reliability χ^2	P^*	χ^2 Pearsona; Pearson χ^2	P
Efekty główne; Effects main	18	6541,991	0,0000	14624,78	0,0000
Interakcje drugiego rzędu; Second-row interactions	84	1167,620	0,0000	1326,07	0,0000
Interakcje trzeciego rzędu; Third-row interactions	152	185,786	0,0326	193,20	0,0135
Interakcje czwartego rzędu; Fourth-row interactions	96	68,929	0,9831	67,53	0,9877

*p – poziom istotności; level of significance

Ocenę istotności efektów głównych i interakcji poszczególnych czynników doświadczenia przedstawiono w tabeli 13. W analizowanym modelu wykazano współdziałania między liczebnością gatunków chwastów a wielkością gospodarstwa i typem gleby. Liczebności badanych gatunków chwastów były w dużym stopniu uzależnione od wymienionych wariantów doświadczenia. Natomiast brak interakcji pomiędzy typem gleby a rokiem badań wskazuje, że warunki atmosferyczne w trzech latach badań nie wpłynęły na zmiany liczebności chwastów na poszczególnych typach gleb. Analiza wykazała największe zróżnicowanie liczebności poszczególnych gatunków chwastów w zależności od typu gleby, co potwierdza wysoka wartość statystyki Chi^2 (efekt gleby x chwasty) dla zależności cząstkowej i brzegowej analizowanego modelu (tab. 13). W celu dopasowania modelu do liczebności obserwowanych chwastów przeprowadzono procedurę interakcyjną. Procedura ta została przerwana, gdy różnica między dopasowanymi i obserwowanymi rozkładami brzegowymi nie była większa niż kryterium zbieżności równe 0,01. W praktyce w wyniku wyżej opisanego postępowania najczęściej zostają wyeliminowane z modelu nieistotne interakcje między badanymi zmiennymi. Analiza log-liniowa daje również możliwość obliczenia liczebności brzegowych aktualnego modelu, co wiąże się z obliczeniem wartości oczekiwanych. Na podstawie wyników przedstawionych w tabeli 14 można stwierdzić, że największa sumaryczna liczba chwastów wystąpiła na glebach płowych, natomiast istotnie mniejsza na czarnych ziemiach. Również wyższy poziom agrotechniki (tab. 2) przyczynił się do istotnie mniejszej liczebności badanych gatunków chwastów w gospodarstwach dużych.

Tabela 13

Testy efektów głównych, związku brzegowego, cząstkowego i interakcji czynników doświadczenia

Tests of main effects, marginal and partial associations and interactions between experimental factors

Efekt; Effect	Stopnie swobody; Degrees of freedom	Chi^2 zależność cząstkowa; Chi^2 partial relation	p^*	Chi^2 zależność brzegowa; Chi^2 marginal relation	P
Gospodarstwa; Farms	2	118,83	0,0000	118,83	0,0000
Gleby; Soils	2	685,80	0,0000	685,80	0,0000
Lata; Years	2	351,60	0,0000	351,60	0,0000
Chwasty; Weeds	12	5385,76	0,0000	5385,76	0,0000
Gospodarstwa x Gleby; Farms x Soils	4	16,47	0,0024	13,08	0,0108
Gospodarstwa x Lata; Farms x Years	4	39,36	0,0000	40,87	0,0000
Gospodarstwa x Chwasty; Farms x Weeds	24	36,55	0,0485	34,33	0,0789

cd. tab. 13

Efekt; Effect	Stopnie swobody; Degrees of freedom	Chi ² zależność cząstkowa; Chi ² partial relation	p*	Chi ² zależność brzegowa; Chi ² marginal relation	p
Gleby x Lata; Soils x Years	4	8,39	0,0784	4,92	0,2948
Gleby x Chwasty; Soils x Weeds	24	1036,56	0,0000	1029,36	0,0000
Lata x Chwasty; Years x Weeds	24	41,09	0,0163	38,80	0,0286
Gospodarstwa x Gleby x Lata; Farms x Soils x Years	8	2,56	0,9585	3,27	0,9163
Gospodarstwa x Gleby x Chwasty; Farms x Soils x Weeds	48	94,36	0,0000	93,33	0,0000
Gospodarstwa x Lata x Chwasty; Farms x Years x Weeds	48	49,61	0,4089	49,75	0,4032
Gleby x Lata x Chwasty; Soils x Years x Weeds	48	40,34	0,7758	38,01	0,8486

*p – poziom istotności; level of significance

Tabela 14

Liczebności brzegowe gatunków chwastów w zależności od wielkości gospodarstwa i typu gleby

Marginal frequencies of weed species in relation to farm size and the type of soil

Gleby; Soils	Gospodarstwa wielkoobszarowe; Large-sized farms	Gospodarstwa średnioobszarowe; Medium-sized farms	Gospodarstwa małoobszarowe; Small-sized farms	Suma; Total
Czarne ziemie; Haplic phaeozems	217	310	312	839
Brunatne; Haplic cambisols	299	445	476	1220
Płowe; Haplic luvisols	610	707	927	2244
Suma; Total	1126	1462	1715	4303

W warunkach Dolnego Śląska stwierdzono zwiększone występowanie chwastnicy jednostronnej i komosy białej niezależnie od wielkości gospodarstwa i typu gleby (tab. 15 i 16). Wymienione gatunki chwastów występowały w większym nasileniu na glebach płowych niż na czarnych ziemiach. Natomiast na czarnych ziemiach wykazano istotnie większe liczebności szarłatu szorstkiego i psianki czarnej w stosunku do pozostałych gatunków (tab. 16). Gleby płowe oprócz dominacji chwastnicy jednostronnej i komosy białej charakteryzowały się również zwiększoną obsadą fiołka polnego, a z gatunków wieloletnich perzu pospolitego w porównaniu do czarnych ziem i gleb brunatnych.

Tabela 15

Liczebności brzegowe gatunków chwastów w zależności od typu gleby
Marginal frequencies of weed species in relation to soil type

Gatunek chwastu; Weed species	Czarne ziemie; Haplic phaeozems	Gleby brunatne; Haplic cambisols	Gleby płowe; Haplic luvisols	Suma; Total
<i>Echinochloa crus-galli</i>	141	415	1113	1669
<i>Setaria viridis</i>	120	39	9	168
<i>Amaranthus retroflexus</i>	105	71	8	184
<i>Anthemis arvensis</i>	39	60	119	218
<i>Chenopodium album</i>	189	293	507	989
<i>Galium aparine</i>	21	44	12	77
<i>Lamium</i> spp.	18	25	35	78
<i>Polygonum aviculare</i>	8	45	1	54
<i>Fallopia convolvulus</i>	17	15	22	54
<i>Solanum nigrum</i>	99	27	13	139
<i>Veronica</i> spp	5	0	60	65
<i>Viola arvensis</i>	27	72	114	213
<i>Elymus repens</i>	50	114	231	395
Suma	839	1220	2244	4303

Tabela 16

Średnie liczebności chwastów w zależności od typu gleby
Mean frequencies of weeds in relation to the type of soil

Gatunek chwastu; Weed species	Czarne ziemie; Haplic phaeozems	Gleby brunatne; Haplic cambisols	Gleby płowe; Haplic luvisols	Średnia; Mean
<i>Echinochloa crus-galli</i>	17,0	48,3	116,3	60,53
<i>Setaria viridis</i>	12,0	3,0	0	7,50
<i>Amaranthus retroflexus</i>	12,0	9,0	0	10,50
<i>Anthemis arvensis</i>	5,0	9,3	12,3	8,87
<i>Chenopodium album</i>	24,0	35,7	52,0	37,23
<i>Elymus repens</i>	5,6	12,7	25,7	14,67
<i>Galium aparine</i>	3,3	5,0	2,0	3,43
<i>Lamium</i> spp.	2,0	4,0	4,0	3,33
<i>Polygonum aviculare</i>	1,0	5,0	0	3,00
<i>Fallopia convolvulus</i>	3,0	0	2,0	2,50
<i>Solanum nigrum</i>	12,0	3,0	2,0	5,67
<i>Veronica</i> spp	0	0	8,0	8,00
<i>Viola arvensis</i>	5,0	9,0	12,0	8,67
Suma	8,49	13,09	23,63	13,38

NIR(0,05) dla rodzaju gleby = 3,05; NIR(0,05) dla liczby gatunku chwastu = 9,75; NIR(0,05) dla współdziałania gleba × gatunki chwastów = 9,49; LSD (0,05) for soil type = 3,05; LSD (0,05) for weed species = 9,75; LSD (0,05) for interaction soil type × weed species = 9,49

W celu potwierdzenia istotności różnic w liczebności poszczególnych gatunków chwastów w zależności od typu gleby wykonano również analizę wariancji z wielolecia (tab. 16). Uzyskane wyniki potwierdzają istotnie większą liczebność gatunków chwastnicy jednostronnej i komosy białej w porównaniu do pozostałych gatunków chwastów niezależnie od typu gleby. Największe zachwaszczenie plantacji stwierdzono na glebach płowych. Natomiast istotnie mniejszą liczebnością poszczególnych gatunków chwastów charakteryzowały się gleby zaliczane do czarnych ziem.

W dalszej części opracowania, wykorzystując analizę korespondencji, określono zależność liczebności analizowanych gatunków chwastów od czynników doświadczenia: lat badań, wielkości gospodarstwa i typu gleby.

Tabela 17 zawiera wyniki dotyczące rozkładu macierzy liczebności gatunków chwastów według wartości osobliwych. W doświadczeniu rozpatrywano dwa wektory osobliwe zarówno dla kolumn, jak i dla wierszy analizowanej macierzy. Wartości własne, jak i skumulowany procent bezwładności dla dwóch wymiarów wskazują, że przyjęcie przestrzeni dwuwymiarowej pozwala na otwarcie w 90,9% całkowitej bezwładności – miary rozproszenia, która w statystyce określana jest wariancją. W tabeli 17 istotne wartości statystyki χ^2 dla pierwszego i drugiego wymiaru wskazują, że jedynie te wektory pierwotnej przestrzeni dziewięciowymiarowej (trzy typy gleb x trzy typy gospodarstw o różnej powierzchni) różnicują istotnie liczebność chwastów.

Tabela 17

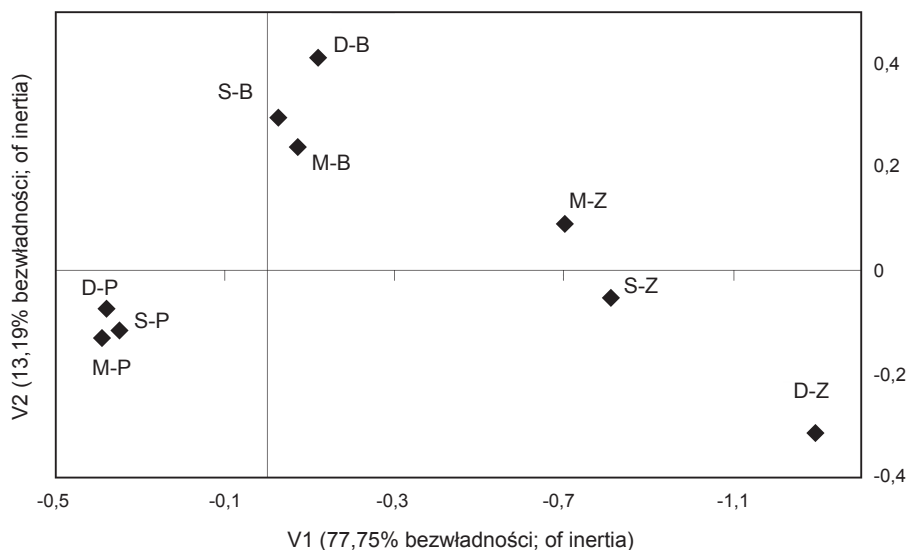
Wartości własne i bezwładność dla wszystkich wymiarów analizowanej przestrzeni
Eigen values and inertia for all dimensions

Liczba wymiarów; Number of dimensions	Wartości osobliwe; Singular values	Wartości własne; Eiger values	Procent bezwładności; % of inertia	Skumulowany procent; Cumulative %	χ^2
1	0,4904*	0,2405*	77,75*	77,75*	1035,14*
2	0,2020*	0,0408*	13,19*	90,94*	175,70*
3	0,1235	0,0152	4,93	95,87	65,72
4	0,0869	0,0075	2,44	98,32	32,49
5	0,0536	0,0028	0,93	99,25	12,38
6	0,0361	0,0013	0,42	99,67	5,62
7	0,0235	0,0005	0,17	99,85	2,37
8	0,0215	0,0004	0,15	100,00	1,99

Łączna bezwładność = 0,3307; $\chi^2 = 1316,0$; $p = 0,0000$; * – istotność dla $\alpha = 0,05$
Total inertia = 0,3307, $\chi^2 = 1316,0$, $p = 0,0000$, * – significant at $\alpha = 0,05$

Na podstawie dwóch pierwszych wymiarów przestrzeni dziewięciowymiarowej można dokonać interpretacji rysunków 1 i 2. Znaczne zróżnicowanie liczebności gatunków chwastów spowodowało duży rozrzut punktów reprezentujących wielkości gospodarstw w powiązaniu z typem gleby (rys. 1). Typ gleby (czarne ziemie,

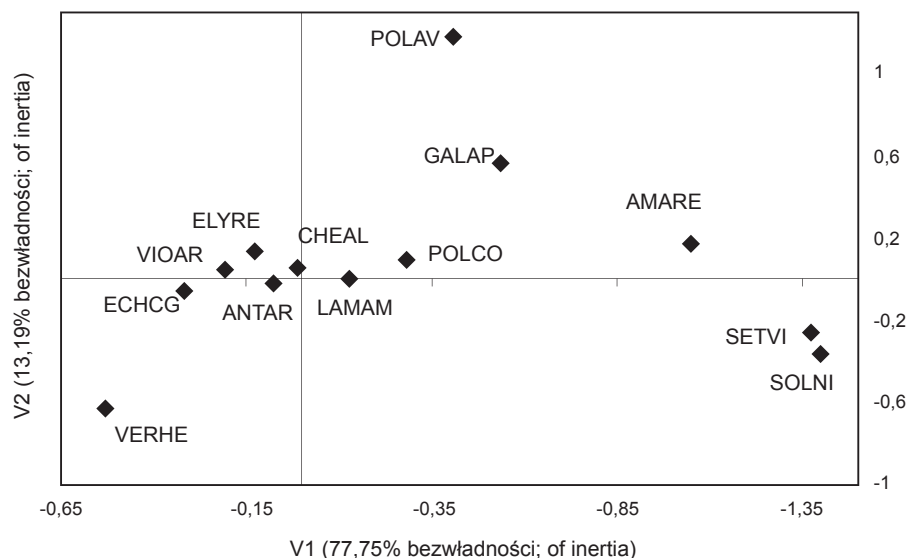
gleby brunatne, gleby płowe) bardziej różnicowały liczebność gatunków chwastów niż wielkość gospodarstwa. Świadczą o tym odległości na wykresie pomiędzy punktami określającymi typ gleby w powiązaniu z wielkością gospodarstw. Najmniejsze zróżnicowanie liczebności chwastów wystąpiło na glebach płowych, a największe różnice w zmienności liczebności chwastów zanotowano w gospodarstwach zlokalizowanych na czarnych ziemiach, niezależnie od ich wielkości.



Rys. 1. Zmienność wielkości gospodarstw w zależności od typu gleby
(standaryzacja: profile wierszy i kolumn)
Farm size and soil type variability in relation to soil type
(standardisation: row and column profiles)

Oznaczenia; Indication:

- M-P – gospodarstwa małe, gleby płowe; small-sized farms, haplic luvisols,
- M-B – gospodarstwa małe, gleby brunatne; small-sized farms, haplic cambisols,
- M-Z – gospodarstwa małe, czarne ziemie; small-sized farms, haplic phaeozems,
- S-P – gospodarstwa średnie, gleby płowe; medium-sized farms, haplic luvisols,
- S-B – gospodarstwa średnie, gleby brunatne; medium-sized farms, haplic cambisols,
- S-Z – gospodarstwa średnie, czarne ziemie; medium-sized farms, haplic phaeozems,
- D-P – gospodarstwa duże, gleby płowe; large-sized farms, haplic luvisols,
- D-B – gospodarstwa duże, gleby brunatne; large-sized farms, haplic cambisols,
- D-Z – gospodarstwa duże, czarne ziemie; large-sized farms, haplic cambisols.



Rys. 2. Zmienność liczebności gatunków chwastów (standaryzacja: profile wierszy i kolumn)
 Variability of weed species frequency (standardisation: row and column profiles)

Oznaczenia; Indication:

ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, SETVI – *Setaria viridis*, AMARE – *Amaranthus retroflexus*,
 AN TAR – *Anthemis arvensis*, CHEAL – *Chenopodium album*, GALAP – *Galium aparine*,
 LAMAM – *Lamium amplexicaule*, POLAV – *Polygonum aviculare*, POLCO – *Fallopia convolvulus*,
 SOLNI – *Solanum nigrum*, VERHE – *Veronica hederifolia* spp., VIOAR – *Viola arvensis*,
 ELYRE – *Elymus repens*

W tabelach 18 i 19 w kolumnie drugiej przedstawione są masy wierszy (wartość gospodarstwa w zależności od wielkości zachwaszczenia), czyli sumy częstości względnych dla poszczególnych wierszy. W następnej kolumnie jakość punktu jest definiowana jako miara określająca dokładność oceny poszczególnych gospodarstw w przestrzeni zredukowanej do dwóch wymiarów. Wartości bliskie jedności wskazują na dobre odwzorowanie badanych gospodarstw w przestrzeni dwuwymiarowej. Względna bezwładność punktu określa udział danego gospodarstwa w ogólnej bezwładności w pierwotnej wielowymiarowej przestrzeni utworzonej przez lata badań, typy gleb i gatunki chwastów. Na podstawie tej kolumny, można stwierdzić, że wielkość gospodarstwa na glebach płowych nie miała wpływu na zmniejszanie zachwaszczenia. Natomiast na czarnych ziemiach powierzchnia gospodarstwa znacząco wpływała na ograniczenie liczebności chwastów. Z rozkładu bezwładności analizowanych gospodarstw na poszczególne wymiary przedstawionego w następnych kolumnach tabeli 19 wynika, że gospodarstwa duże na czarnoziemach przyczyniły się w głównym stopniu do definicji pierwszego wymiaru, natomiast drugi wymiar w dużym stopniu był uzależniony od liczebności gatunków chwastów w gospodar-

stwach średnich i dużych na glebach brunatnych. Analiza korespondencji pozwala również na ocenę podobieństwa liczebności gatunków chwastów w przestrzeni zdefiniowanej przez wielkość gospodarstwa i typ gleby.

Tabela 18

Wkład do bezwładności badanych wierszy (odmian)
Row (cultivars) coordinates and contributions to inertia

Wielkość gospodarstwa i typ gleby; Farm size and soil type	Masa; Mass	Jakość; Quality	Względna bezwładność; Relative inertia	Bezwładność; Inertia	
				wymiar 1; inertia dimensions 1	wymiar 2; inertia dimensions 2
Małe – czarne ziemie; Small – haplic phaeozems	0,0725	0,8075	0,1453	0,1480	0,0172
Małe – gleby brunatne; Small – haplic cambisols	0,1106	0,8486	0,0265	0,0025	0,1556
Małe – gleby płowe; Small – haplic luvisols	0,2154	0,9753	0,1000	0,1117	0,0811
Średnie – czarne ziemie; Medium – haplic phaeozems	0,0720	0,9598	0,1582	0,1947	0,0039
Średnie – gleby brunatne; Medium – haplic cambisols	0,1034	0,7462	0,0415	0,0002	0,2335
Średnie – gleby płowe; Medium – haplic luvisols	0,1643	0,9698	0,0920	0,1024	0,0726
Duże – czarne ziemie; Large – haplic phaeozems	0,0504	0,9508	0,3039	0,3504	0,1256
Duże – gleby brunatne; Large – haplic cambisols	0,0694	0,7018	0,0595	0,0046	0,2885
Duże – czarne ziemie; Large – haplic luvisols	0,1417	0,9482	0,0727	0,0850	0,0212

Tabela 19

Wkład do bezwładności badanych kolumn (gatunki chwastów)
 Contribution of the examined columns (weed species) to inertia

Gatunek chwastu; Weed species	Masa; Mass	Jakość; Quality	Względna bezwładność; Relative inertia	Bezwładność; Interia	
				wymiar 1; inertia dimensions 1	wymiar 2; inertia dimensions 2
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,3878	0,9693	0,1355	0,1631	0,0346
<i>Setaria viridis</i>	0,0390	0,9850	0,2476	0,3025	0,0655
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,0427	0,9442	0,1673	0,1977	0,0319
<i>Anthemis arvensis</i>	0,0506	0,1560	0,0065	0,0012	0,0003
<i>Chenopodium album</i>	0,2298	0,3368	0,0061	0,0001	0,0147
<i>Galium aparine</i>	0,1789	0,7836	0,0442	0,0206	0,1410
<i>Lamium spp.</i>	0,0181	0,1021	0,0096	0,0012	0,0001
<i>Polygonum aviculare</i>	0,0125	0,9315	0,0680	0,0085	0,4301
<i>Fallopia convolvulus</i>	0,0125	0,2121	0,0169	0,0041	0,0026
<i>Solanum nigrum</i>	0,0323	0,9405	0,2315	0,2622	0,1053
<i>Veronica spp</i>	0,0151	0,9033	0,0370	0,0179	0,1475
<i>Viola arvensis</i>	0,0495	0,7104	0,0078	0,0033	0,0225
<i>Elymus repens</i>	0,0917	0,6311	0,0214	0,0168	0,0034

Wykresy odzwierciedlające reakcję gatunków chwastów na analizowane czynniki doświadczenia przedstawiono w przestrzeni dwuwymiarowej w ten sposób, aby zachować jak największą zmienność z pierwotnej przestrzeni wielowymiarowej (rys. 2). Analizując rozmieszczenie poszczególnych gatunków w przestrzeni dwuwymiarowej, można zauważyć, że takie gatunki, jak: włośnica zielona, rdest powojowaty, psianka czarna i przetacznik bluszczokowaty (*Veronica hederifolia* L. s. str.) są na wykresie znacznie od siebie oddalone. Można więc stwierdzić, że wymienione gatunki chwastów charakteryzują się znacznie zróżnicowanym przystosowaniem do analizowanych czynników (wielkość gospodarstwa x typ gleby x rok badań). Natomiast rumian polny, komosa biała, jasnota różowa i fiołek polny odznaczają się dużym podobieństwem pod względem liczebności roślin w poszczególnych siedliskach. Punkty określające zmienność tych gatunków położone są blisko początku układu współrzędnych. Oznacza to, że profile tych gatunków chwastów są zbliżone do profilu przeciętnego – centroidy reprezentującej średnią liczebność analizowanych gatunków chwastów. Analizując kolumnę drugą tabeli 19, należy stwierdzić, że chwastnica jednostronna i komosa biała wywarły największy wpływ na zachwaszczenie kukurydzy, bez względu na wielkość badanych gospodarstwach (największe masy). Natomiast dużą zmiennością liczebności chwastów na tych plantacjach odznaczały się włośnica zielona i psianka czarna (największe względne bezwładności).

4.4. KONKURENCYJNE ODDZIAŁYWANIE CHWASTÓW W ZALEŻNOŚCI OD OKRESU WYSTĘPOWANIA W ŁANIE KUKURYDZY

W warunkach doświadczenia mikropoletkowego przeprowadzono trzyletnie badania nad ustaleniem tolerowanego okresu konkurencji chwastnicy jednostronnej, szarłatu szorstkiego i komosy białej w zasiewach kukurydzy oraz nad wyznaczeniem krytycznego okresu ich występowania w łanie, a także określeniem ich oddziaływania na wielkość plonu w zależności od nasilenia i terminu usuwania.

Wcześniejsze badania nad zależnością wysokości plonów kukurydzy od okresu pozostawienia w łanie chwastnicy jednostronnej prowadzone przez Rolę (1986) wykazały, że długość okresu jej występowania w zasiewach kukurydzy wpływała wyraźnie na wysokość plonów (tab. 20). Najwyższy plon zebrano z obiektu pozostającego w stanie wolnym od chwastów przez cały okres wegetacji, tj. od fazy jednego liścia – BBCH 10, aż do zbioru. Pozostawienie chwastnicy jednostronnej w łanie do fazy 3 liści kukurydzy – BBCH 13 i usunięcie jej po tym okresie obniżyło plon zielonej masy kukurydzy o przeszło 9% (średnio z poszczególnych doświadczeń). Dalsze opóźnianie odchwaszczenia i przeprowadzenie tego zabiegu w fazach BBCH 15, BBCH 17, BBCH 30 i BBCH 34–36 pociągało za sobą znaczną obniżkę plonu ogólnego kukurydzy sięgającą odpowiednio: 11,8; 13,5; 14,6 i 23,4%. Natomiast, jeżeli chwastnicę jednostronną w liczbie od 800 do 1100 szt.·m² pozostawiono aż do zbioru kukurydzy, straty w plonie wynosiły 65–69% (tab. 20).

Tabela 20

Dynamika wzrostu i plonowania kukurydzy w zależności od okresu występowania w łanie *Echinochloa crus-galli* w latach 1982–1984 (Rola 1986)
Dynamic of growth and yielding of maize in relation to duration of *Echinochloa crus-galli* in the stand in 1982–1984 years (Rola 1986)

Terminy usuwania chwastów; Terms of weed control removal (BBCH)	Wysokość roślin; Height of plant (cm)	Zielona masa kukurydzy; Fresh weight of maize (kg·m ⁻¹)
Kontrola z pełnym zachwaszczeniem aż do zbioru; Control with full weed infestation until harvest	115	1,54
fazy rozwojowe kukurydzy; growth stages of maize	fazy rozwojowe chwastów; growth stages of weeds	
BBCH 10	BBCH 13	225
BBCH 13	BBCH 15	205
BBCH 15	BBCH 19	195
BBCH 17	BBCH 24	145
BBCH 30	BBCH 30	135
BBCH 34–36	BBCH 43	125
NIR; LSD (0,05)		22,7
		0,62

Podobne badania przeprowadzane przez autorkę w latach 2004–2006 wykazały, że chwastnica jednostronna przy nieregulowanym nasileniu występowania, do czasu wejścia kukurydzy w fazę 5 liści nie wpływała konkurencyjnie na jej wegetację. Usunięcie jej w tym czasie pozwoliło uzyskać czyste stanowisko, rośliny o niezahamowanym wzroście oraz plony na poziomie obiektu niezachwaszczonego. Nieusunięcie ich po upływie tego terminu skutkowało istotnym obniżeniem plonowania kukurydzy (tab. 21).

Tabela 21

Dynamika wzrostu i plonowania kukurydzy w zależności od okresu występowania w łanie *Echinochloa crus-galli* w latach 2004–2006
Dynamic of growth and yielding of maize in relation to duration of *Echinochloa crus-galli* in the stand in 2004–2006 years

Terminy usuwania chwastów; Times of weed control removal (BBCH)	Wysokość roślin; Height of plant (cm)	Zielona masa kukurydzy; Fresh weight of maize (kg·m ⁻²)
Kontrola wolna od chwastów; Control without weeds	265,9	7,32
Kontrola z pełnym zachwaszczeniem aż do zbioru; Control with weeds removing untill harvest	135,5	1,63
fazy rozwojowe kukurydzy; growth stages of maize	fazy rozwojowe chwastów; growth stages of weeds	
BBCH 10	BBCH 13	265,3
BBCH 13	BBCH 15	255,4
BBCH 15	BBCH 19	245,5
BBCH 17	BBCH 24	195,0
BBCH 30	BBCH 30	176,1
BBCH 34–36	BBCH 43	155,5
NIR; LSD (0,05)	27,6	0,96

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania chwastnicy jednostronnej na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu

Chwastnica jednostronna występująca w liczbie 80 roślin na poletku do czasu wejścia kukurydzy w stadium 7 liści, tj. BBCH 17, nie wpływała konkurencyjnie na jej wegetację. Usunięcie tego chwastu w tym stadium pozwoliło na uzyskanie roślin kukurydzy o podobnej wysokości oraz plonowanie jak na obiekcie niezachwaszczonym. Natomiast dalsze utrzymywanie chwastnicy jednostronnej w zasiewach kukurydzy wpłynęło istotnie na obniżenie wysokości roślin i spadek plonu zielonej masy (tab. 22). Przy większym zachwaszczeniu, sięgającym 160 roślin chwastnicy jednostronnej na poletku, możliwe było utrzymywanie chwastów do fazy 3 liści ku-

kurydzy bez negatywnego wpływu na jej rozwój i plonowanie (tab. 22a). Wtórne pojawianie się chwastów w małej liczebności bez wpływu na obniżenie plonu zielonej masy było możliwe po wykształceniu 5 liści kukurydzy, a przy dużym nasileniu dopiero po wykształceniu 7 liści (tab. 22 i 22a). Całkowite usunięcie chwastnicy jednostronnej przed fazą 5 liści lub ponowne wschody tego gatunku po ukazaniu się 7 liści kukurydzy wyznacza okres, w którym kukurydza wymaga czystego stanowiska dla uzyskania wysokiego plonu.

Tabela 22

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania *Echinochloa crus-galli* na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu w latach 2004–2006
(niski poziom zachwaszczenia – 80 szt. na poletku)

Influence of *Echinochloa crus-galli* competition on the height of maize plants and yielding in 2004–2006 (low level of weed infestation – 80 weeds per plot)

Terminy usuwania i pojawiania się chwastów wg faz rozwojowych kukurydzy; Times of weed control and weed emergence according to the growth stages of maize (BBCH)	Wpływ terminu usuwania chwastów; Influence of time weed removal		Wpływ terminu wtórnego pojawiania się chwastów; Influence of secondary weeds infestation
	wysokość roślin; height of plants (cm)	zielona masa kukurydzy; fresh weight of maize (kg·m ⁻²)	zielona masa kukurydzy; fresh weight of maize (kg·m ⁻²)
Kontrola wolna od chwastów; Control without weeds	283,3	8,1	8,1
Kontrola z pełnym zachwaszczeniem aż do zbioru; Control with full weed infestation untill harvest	218,3	2,9	2,9
BBCH 10	285,5	8,5	4,1
BBCH 13	280,4	8,3	4,7
BBCH 15	283,5	7,1	4,9
BBCH 17	275,0	5,6	7,2
BBCH 30	275,1	4,3	7,6
BBCH 34–36	235,5	3,4	8,2
NIR; LSD (0,05)	12,0	1,1	1,1

Tabela 22a

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania *Echinochloa crus-galli* na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu w latach 2004–2006
(wysoki poziom zachwaszczenia – 160 szt. na poletku)
Influence of *Echinochloa crus-galli* competition on the height of maize plants and yielding in 2004–2006 (low level of weed infestation – 160 weeds per plot)

Terminy usuwania i pojawiania się chwastów wg faz rozwojowych kukurydzy; Times of weed control and weed emergence according to the growth stages of maize (BBCH)	Wpływ terminu usuwania chwastów; Influence of time weed removal		Wpływ terminu wtórnego pojawiania się chwastów; Influence of secondary weeds infestation
	wysokość roślin height of plants (cm)	zielona masa kukurydzy fresh weight of maize (kg·m ⁻²)	zielona masa kukurydzy fresh weight of maize (kg·m ⁻²)
Kontrola wolna od chwastów; Control without weeds	280,9	8,1	8,1
Kontrola z pełnym zachwaszczeniem aż do zbioru; Control with full weed infestation untill harvest	235,3	2,9	2,9
BBCH 10	280,3	7,9	3,3
BBCH 13	280,4	7,6	4,2
BBCH 15	261,5	6,1	4,9
BBCH 17	260,0	5,2	7,6
BBCH 30	255,1	4,1	7,8
BBCH 34–36	255,5	3,1	8,0
NIR; LSD (0,05)	12,3	1,2	1,0

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania komosy białej na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu

W przypadku pokrycia gleby przez komosę białą w liczbie 80 roślin na poletku gatunek ten mógł pozostać w łanie kukurydzy, nie zagrażając jej wegetacji, do czasu osiągnięcia fazy 5 liści kukurydzy. Dalsze utrzymywanie jej na poletku powodowało istotne obniżenie plonu i uzyskanie mniej dorodnego ziarna. Przy większym nasileniu zachwaszczenia, sięgającym 160 roślin na poletku, gatunek ten mógł pozostać w łanie bez konkurencyjnego oddziaływania na kukurydżę do osiągnięcia przez nią fazy 3 liści. Opóźnianie usuwania komosy białej prowadziło do znacznego zmniejszenia plonowania porównywalnego do obiektu z pełnym zachwaszczeniem (tab. 23). Natomiast utrzymywanie czystego stanowiska lub pojawianie się chwastów dopiero po osiągnięciu przez kukurydżę fazy wzrostu łodyg BBCH 34–36 i utrzymywanie się ich w zasiewach aż do zbioru było tolerowane przez roślinę

uprawną i nie miało wpływu na obniżenie plonowania bez względu na liczebność komosy białej (tab. 23 i 23a).

Usuwanie tego gatunku najpóźniej przed wykształceniem 3–5 liści kukurydzy lub pozwolenie na pojawianie się chwastów dopiero po osiągnięciu fazy wzrostu łodyg kukurydzy wyznacza okres, w którym wymaga ona bezwzględnie czystego stanowiska i warunkuje uzyskanie wysokiego plonu ziarna.

Tabela 23

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania *Chenopodium album* na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu w latach 2004–2006 (niski poziom zachwaszczenia – 80 szt. na poletku)
Influence of *Chenopodium album* competition on the height of maize plants and yielding in 2004–2006 (low level of weed infestation – 80 weeds per plot)

Terminy usuwania i pojawiania się chwastów wg faz rozwojowych kukurydzy; Times of weed control and weed emergence according to the growth stages of maize (BBCH)	Wpływ terminu usuwania chwastów; Influence of time weed removal		Wpływ terminu wtórnego pojawiania się chwastów; Influence of secondary weeds infestation
	wysokość roślin height of plants (cm)	zielona masa kukurydzy fresh weight of maize (kg·m ⁻²)	zielona masa kukurydzy fresh weight of maize (kg·m ⁻²)
Kontrola wolna od chwastów; Control without weeds	287,6	7,33	7,33
Kontrola z pełnym zachwaszczeniem aż do zbioru; Control with full weed infestation until harvest	223,9	2,01	2,01
BBCH 10	288,5	7,6	2,14
BBCH 13	288,6	7,51	3,11
BBCH 15	285,0	7,21	4,98
BBCH 17	280,6	6,19	5,02
BBCH 30	275,5	5,44	6,88
BBCH 34–36	227,1	3,35	7,02
NIR; LSD (0,05)	14,3	0,82	0,78

Tabela 23a

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania *Chenopodium album* na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu w latach 2004–2006 (wysoki poziom zachwaszczenia – 160 szt. na poletku)
Influence of *Chenopodium album* competition on the height of maize plants and yielding in 2004–2006 (low level of weed infestation – 160 weeds per plot)

Terminy usuwania i pojawiania się chwastów wg faz rozwojowych kukurydzy; Times of weed control and weed emergence according to the growth stages of maize (BBCH)	Wpływ terminu usuwania chwastów; Influence of time weed removal		Wpływ terminu wtórnego pojawiania się chwastów; Influence of secondary weeds infestation
	wysokość roślin; height of plants (cm)	zielona masa kukurydzy; fresh weight of maize (kg·m ⁻²)	zielona masa kukurydzy; fresh weight of maize (kg·m ⁻²)
Kontrola wolna od chwastów; Control without weeds	284,6	7,33	7,33
Kontrola z pełnym zachwaszczeniem aż do zbioru; Control with full weed infestation untill harvest	278,4	2,01	2,01
BBCH 10	278,5	7,02	2,11
BBCH 13	278,6	6,69	3,02
BBCH 15	275,0	4,98	5,00
BBCH 17	247,6	3,02	5,32
BBCH 30	245,5	2,88	6,58
BBCH 34–36	227,1	2,02	6,83
NIR; LSD (0,05)	15,5	0,81	0,76

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania szarłatku szorstkiego na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu

Pozostawienie szarłatku szorstkiego na poletkach doświadczalnych było tolerowane do osiągnięcia przez kukurydzę fazy 7 liści, tj. BBCH 17. Usunięcie chwastu w tej fazie rozwojowej i utrzymanie czystego stanowiska aż do zbioru miało korzystny wpływ na vegetację kukurydzy i uzyskanie plonu porównywalnego do kontroli niezachwaszczonej. W przypadku tego gatunku liczba roślin na jednostce powierzchni nie miała znaczenia, gdyż zarówno przy mniejszym, jak i przy większym nasileniu występowania tego chwastu kukurydza tolerowała jego obecność do fazy 7 liści. Po tym okresie silniej ujawnił się konkurencyjny wpływ tego gatunku na vegetację kukurydzy i wysokość jej plonowania. Pozostawienie szarłatku szorstkiego do fazy kwitnienia kukurydzy przy niskim nasileniu zachwaszczenia spowodowało istotne zahamowanie jej wzrostu i obniżenie plonowania (tab. 24). Dopuszczenie do

pojawienia się chwastów po wykształceniu przez kukurydzę 7 liści niezależnie od nasilenia i utrzymywanie się ich w zasiewach aż do zbioru było tolerowane przez roślinę uprawną bez wpływu na obniżenie plonowania (tab. 24 i 24a).

Eliminowanie zachwaszczenia tym gatunkiem było wskazane najpóźniej przed wykształceniem przez kukurydzę 7 liści, co wyznacza okres, w którym kukurydza bezwzględnie wymaga niezachwaszczonego stanowiska, a uzyskane plony ziarna są najwyższe.

Najbardziej niekorzystny wpływ na wegetację kukurydzy miała obecność w łanie komosy białej, gdyż jej siła konkurencji była najwyższa, a kukurydza wymagała najdłuższego okresu pozostawienia czystego stanowiska.

Tabela 24

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania *Amaranthus retroflexus* na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu w latach 2004–2006 (niski poziom zachwaszczenia – 80 szt. na poletku)

Influence of *Amaranthus retroflexus* competition on the height of maize plants and yielding in 2004–2006 (low level of weed infestation – 80 weeds per plot)

Terminy usuwania i pojawiania się chwastów wg faz rozwojowych kukurydzy; Times of weed control and weed emergence according to the growth stages of maize (BBCH)	Wpływ terminu usuwania chwastów; Influence of time weed removal		Wpływ terminu wtórnego pojawiania się chwastów; Influence of secondary weeds infestation
	wysokość roślin; height of plants (cm)	zielona masa kukurydzy; fresh weight of maize (kg·m ⁻²)	zielona masa kukurydzy; fresh weight of maize (kg·m ⁻²)
Kontrola wolna od chwastów; Control without weeds	285,9	7,42	7,42
Kontrola z pełnym zachwaszczeniem aż do zbioru; Control with full weed infestation until harvest	225,7	2,4	2,4
BBCH 10	285,4	7,16	3,33
BBCH 13	286,3	7,11	3,92
BBCH 15	285,6	6,99	5,36
BBCH 17	286,3	6,55	6,85
BBCH 30	275,8	4,11	7,02
BBCH 34–36	215,0	3,41	7,26
NIR; LSD (0,05)	12,6	0,83	0,77

Tabela 24a

Wpływ konkurencyjnego oddziaływania *Amaranthus retroflexus* na wysokość roślin kukurydzy oraz poziom uzyskanego plonu w latach 2004–2006 (wysoki poziom zachwaszczenia – 160 szt. na poletku)

Influence of *Amaranthus retroflexus* competition on the height of maize plants and yielding in 2004–2006 (low level of weed infestation – 160 weeds per plot)

Terminy usuwania i pojawiania się chwastów wg faz rozwojowych kukurydzy; Times of weed control and weed emergence according to the growth stages of maize (BBCH)	Wpływ terminu usuwania chwastów; Influence of time weed removal		Wpływ terminu wtórnego pojawiania się chwastów; Influence of secondary weeds infestation
	wysokość roślin; height of plants (cm)	zielona masa kukurydzy; fresh weight of maize (kg·m ⁻²)	zielona masa kukurydzy; fresh weight of maize (kg·m ⁻²)
Kontrola wolna od chwastów; Control without weeds	285,9	7,42	7,42
Kontrola z pełnym zachwaszczeniem aż do zbioru; Control with full weed infestation untill harvest	185,7	2,4	2,4
BBCH 10	285,4	7,0	2,06
BBCH 13	286,3	6,93	3,42
BBCH 15	285,6	6,66	4,56
BBCH 17	286,3	6,45	6,55
BBCH 30	255,8	4,35	6,69
BBCH 34–36	215,0	2,65	6,82
NIR; LSD (0,05)	11,4	0,85	0,79

4.5. MOŻLIWOŚCI OGRANICZANIA ZACHWASZCZENIA Z ZASTOSOWANIEM ZOPTYMALIZOWANYCH DAWEK HERBICYDÓW W ZALEŻNOŚCI OD ZBIOROWISKA CHWASTÓW I WARUNKÓW SIEDLISKA

Charakterystyka warunków pogodowych w okresie prowadzenia doświadczeń polowych

Zmieniające się w ostatnich trzech dekadach warunki pogodowe, wzrost temperatury rocznej w porównaniu do średnich wieloletnich oraz nieulegające większym zmianom opady spowodowały, że lista florystyczna zbiorowisk chwastów towarzyszących uprawom kukurydzy w rejonie Dolnego Śląska w porównaniu z wynikami badań Zespołu ds. Rejonizacji Chwastów prowadzonymi w latach 1972–1991 uległa zmianom zarówno ilościowym, jak i jakościowym. Wprawdzie w uprawie kukurydzy nadal dominują komosa biała i chwastnica jednostronna, jednak w stosunku do wcześniejszych badań pokrycie gleby tymi gatunkami jest mniejsze, zaś

uproszczenia uprawowe, a zwłaszcza siew bezpośredni przyczynił się do zubożenia tych agrofitycenz, pojawienia się gatunków ekspansywnych oraz wieloletnich, takich jak: bylica pospolita i perz właściwy. Duży wpływ na różnicowanie liczebności chwastów miała również intensywność gospodarowania.

Warunki pogodowe występujące w latach 2006–2008 sprzyjały uprawie kukurydzy. Łagodne i bezśnieżne zimy oraz korzystny rozkład temperatur i opadów, powtarzające się w latach badań, wpłynęły na wykonywanie siewów już na przełomie I i II dekady kwietnia. Sumy efektywnych temperatur oraz równomierne uwilgotnienie w całym sezonie wegetacyjnym pozwoliły uzyskać pełną dojrzałość ziarna już pod koniec września.

Wiosna 2006 roku była początkowo chłodna, z dostateczną ilością opadów (tab. 25). W drugiej dekadzie czerwca nastąpił gwałtowny wzrost temperatury i znaczny deficyt wody, co nie sprzyjało wegetacji kukurydzy, opóźniło pylenie, a także wpłynęło na dłuższą wegetację i późniejszy zbiór. Taki przebieg pogody nie zahamował jednak pojawiania się chwastów i ich konkurencyjnego oddziaływania.

Tabela 25

Warunki pogodowe w sezonach wegetacyjnych kukurydzy w latach 2006–2008
na podstawie średnich efektywnych temperatur (ET) i opadów
Weather conditions in vegetation seasons of maize in 2006–2008 based on means
effective temperature (ET) and precipitations

Lata; Years	Suma temperatur i opadów od IV-X; Sum of temperature and rainfall from IV-X		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
	ET* (°C)	opady; precipitation (mm)								
2006	1989,8	558,4	°C	225	238,5	269,5	391,2	420,5	204,0	241,1
			mm	42,5	26,5	65,2	183,8	88,1	88,3	64,0
2007	2256,8	427,2	°C	278,6	269,5	399,5	443,5	467,5	264,0	134,2
			mm	22,2	38,5	85,3	39,3	147,6	93,4	0,9
2008	2268,3	352,6	°C	285,3	377,5	415,0	312,0	442,5	228,0	188,0
			mm	35,6	63,0	21,0	139,9	32,1	36,5	24,5

*ET = 0,5 (temp. max. + temp. min.) -6°C

Sezon wegetacyjny 2007 roku charakteryzował się wysokimi temperaturami bez gwałtownych, nietypowych opadów (tab. 25). Wysokie temperatury i dość duże uwilgotnienie gleby wpłynęły na bardzo szybki wzrost i rozwój kukurydzy, co w konsekwencji zmniejszyło fitotoksyczne oddziaływanie herbicydów na jej rozwój i zwiększyło jej konkurencyjność w stosunku do chwastów na początku wegetacji. Lipiec był miesiącem również bardzo ciepłym, lecz o małej ilości opadów, a objawy suszy były widoczne do początku sierpnia (tab. 25). Natomiast chłodna i wilgotna

jesień wpłynęła na opóźnienie zbioru oraz spowodowała niewielki wzrost zagrożenia zachwaszczeniem wtórnym.

Warunki pogodowe w 2008 roku były najbardziej korzystne dla wegetacji kukurydzy w całym okresie prowadzenia badań. Kwiecień był miesiącem ciepłym i wilgotnym, z kolei maj charakteryzował się umiarkowanymi opadami deszczu (tab. 25). Ten rodzaj pogody sprzyjał wschodom i początkowemu rozwojowi zarówno rośliny uprawnej, jak i chwastów. Koniec wiosny i lato były również umiarkowanie ciepłe z dostateczną ilością opadów dla prawidłowego rozwoju roślin. W drugiej dekadzie sierpnia zaznaczył się wprawdzie znaczny deficyt wody, lecz nie wpłynął on na obniżenie plonowania kukurydzy. Warunki pogodowe w 2008 roku sprzyjały terminowym zbiorom ziarna. Natomiast wilgotna jesień wpłynęła na dłuższą wegetację chwastów, co doprowadziło do nasilenia zachwaszczenia wtórnego.

Skuteczność chwastobójcza herbicydów na czarnych ziemiach

Lustracje pól prowadzone w latach 2002–2008 w południowo-zachodnim rejonie Polski pozwoliły wyodrębnić charakterystyczne zbiorowiska chwastów na czarnych ziemiach z największym udziałem chwastnicy jednostronnej, komosy białej i szarłatu szorstkiego, którym często towarzyszyły gatunki ciepłolubne i późnoshodzące: blekot pospolity, włośnica zielona, psianka czarna oraz wiele gatunków pojawiających się rzadko i sporadycznie. Zbiorowiska te charakteryzowały się dużą bioróżnorodnością gatunkową oraz małym nasileniem występowania.

W doświadczeniach polowych wprowadzono dwa warianty chemicznej regulacji zachwaszczenia: A – z użyciem herbicydów Callisto 100 SC, Milagro 040 SC oraz Titus 25 WG łącznie z adiuwantem Trend 90 EC, stosowanych w pełnych i obniżonych o 1/3 i 1/2 dawkach oraz B – z użyciem dobranych do stanu zachwaszczenia mieszanin herbicydowych aplikowanych metodą dawek dzielonych w pełnym i obniżonym zakresie. Zabiegi opryskiwania wykonywano w fazie 2–3 liści kukurydzy dla herbicydów stosowanych pojedynczo, a dla mieszanek herbicydowych połowę dawki stosowano w fazie 2–3 liści i połowę w fazie 5–6 liści kukurydzy. Terminy aplikacji herbicydów użytych w dwóch wariantach odchwaszczania ustalono w oparciu o wyznaczony tolerowany okres konkurencji dla gatunków najliczniej występujących w zbiorowisku, tak by wykonać je najpóźniej do fazy 7 liści kukurydzy w przypadku niskiego nasilenia i do fazy 5 liści w przypadku ich dużego nasilenia.

a) zwalczanie chwastów w wariancie A z użyciem herbicydów Callisto 100 SC, Milagro 040 SC oraz Titus 25 WG łącznie z adiuwantem, stosowanych w pełnych i obniżonych dawkach

W składzie gatunkowym zachwaszczenia notowano obecność dwóch gatunków jednoliściennych: chwastnicę jednostronną (27 roślin·m⁻²) i włośnicę zieloną (19 roślin·m⁻²). Preparat Callisto 100 SC aplikowany w pełnej dawce na chwasty w fazie od 3 do 5 liści zwalczał chwastnicę jednostronną i włośnicę zieloną na poziomie odpowiednio: 88 i 86%, natomiast po użyciu tego środka w dawce obniżonej

o 1/3 jego skuteczność zmniejszyła się i wynosiła odpowiednio: 81 i 77%. Dalsze redukcowanie dawki było niecelowe, gdyż nie w pełni zniszczone gatunki pojawiały się w zachwaszczeniu wtórnym, co miało istotny wpływ na wysokość uzyskanego plonu ziarna (tab. 26).

Natomiast w zbiorowisku gatunków dwuliściennych stwierdzono obecność komosy białej (22 roślin·m⁻²), szarłat szorstkiego (11 roślin·m⁻²), tobołków polnych (*Thlaspi arvense* L.) (9 roślin·m⁻²), fiołka polnego (8 roślin·m⁻²), blekotu pospolitego (6 roślin·m⁻²) i psianki czarnej (4 roślin·m⁻²), które w momencie oprysku miały od 4 do 6 wykształconych liści. Herbicyd Callisto 100 SC z bardzo dobrym skutkiem zwalczał większość tych gatunków zarówno po aplikacji w dawce pełnej, jak i dawkach obniżonych o 1/3 i 1/2. Jedynie fiołek polny okazał się gatunkiem średnio wrażliwym na działanie tego środka stosowanego w dawkach zredukowanych.

Herbicydy Milagro 040 SC oraz Titus 25 WG aplikowany łącznie z adiuwantem skutecznie ograniczały zachwaszczenie gatunkami jednoliściennymi zarówno po aplikacji w dawce pełnej, jak i dawce obniżonej o 1/3, a nawet o połowę. Skuteczność niszczenia tych chwastów w każdym wariantcie była powyżej 85% (tab. 26). Po zastosowaniu herbicydów w dawkach zredukowanych wszystkie gatunki dwuliścienne były skutecznie niszczone, za wyjątkiem psianki czarnej oraz komosy białej, która okazała się gatunkiem odpornym na ich działanie w dawkach obniżonych, a jej obecność w zachwaszczeniu wtórnym miała wpływ na uzyskanie niższego plonu ziarna kukurydzy (tab. 26).

Tabela 26

Skuteczność wybranych herbicydów stosowanych w dawkach pełnych i obniżonych w stosunku do chwastów jedno- i dwuliściennych występujących na czarnych ziemiach i wpływ na plon kukurydzy w latach 2006–2008

Effectiveness of selected herbicide applied in full and reduced doses to mono and dicotyledonous weed on haplic phaeozems and influence on maize yield in 2006–2008

Obiekt; Treatment	Dawka na ha; BBCH Dose per ha; BBCH		Zniszczenie chwastów; Weed control (%)								Plon ziarna; Yield of grain (dt·ha ⁻¹)	Masa tysiąca ziaren; Weight of 1000 grain (g)
			ECHCG	SETVI	CHEAL	AMARE	THLAR	VIOAR	AETCY	SOLNI		
Kontrola; Untreated	-	-	*27	*19	*22	*11	*9	*8	*6	*4	42,7	281,3
Callisto 100 SC	1,5 1	1/1 DP** BBCH 12	88	86	100	100	100	100	90	100	109,6	300,5
	1,0 1	2/3 DP** BBCH 12	81	77	100	100	100	85	90	90	101,1	301,2
	0,75 1	1/2 DP** BBCH 12	78	74	100	92	100	80	88	87	95,6	301,6

cd. tab. 26

Obiekt; Treatment	Dawka na ha; BBCH Dose per ha; BBCH		Zniszczenie chwastów; Weed control (%)								Plon ziarna; Yield of grain (dt·ha ⁻¹)	Masa tyśiąca ziaren; Weight of 1000 grain (g)
			ECHCG	SEIVI	CHEAL	AMARE	THLAR	VIOAR	AETCY	SOLNI		
Milagro 040 SC	1,5 l	1/1 DP** BBCH 12	96	97	92	100	100	100	96	88	100,5	301,2
	1,0 l	2/3 DP** BBCH 12	90	88	84	93	92	93	96	90	96,5	300,4
	0,75 l	1/2 DP** BBCH 12	88	86	78	88	87	86	85	86	91,1	300,1
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g + 1%	1/1 DP** BBCH 12	93	90	90	100	100	90	93	98	102,3	301,2
	40 g + 1%	2/3 DP** BBCH 12	92	90	82	85	100	85	88	87	97,1	302,1
	30 g + 1%	1/2 DP** BBCH 12	90	88	76	82	87	78	87	70	91,0	302,4
Milagro 040 SC + Callisto 100 SC	0,8 + 1,0 l	1/1 DP** BBCH 12 + BBCH 15	92	95	100	100	100	100	100	100	111,5	299,3
	0,53 + 0,67 l	2/3 DP** BBCH 12 + BBCH 15	87	88	98	96	93	93	98	98	110,0	298,6
	0,40 + 0,50 l	1/2 DP** BBCH 12 + BBCH 15	85	86	89	88	90	86	89	90	106,6	286,9
Titus 25 WG + Trend 90 EC + Banvel 480 SL	60 g + 1% + 0,5 l	1/1 DP** BBCH 12 + BBCH 15	97	100	100	94	100	84	84	100	106,5	300,0
	40 g + 1% + 0,33 l	2/3 DP** BBCH 12 + BBCH 15	95	90	95	90	100	80	80	100	105,9	299,3
	30 g + 1% + 0,25 l	1/2 DP** BBCH 12 + BBCH 15	87	88	86	88	91	79	76	90	101,2	291,3
NIR; LSD (0,05)											1,122	15,7

* liczba chwastów w szt.·m⁻²; number of weeds per m², **DP – pełna dawka; full dose

b) zwalczanie chwastów w wariacie B z dwukrotnym użyciem mieszanin herbicydowych stosowanych w pełnych i obniżonych dawkach

Najwyższą skuteczność działania, prowadzącą do całkowitego, niemal 100% zniszczenia zbiorowiska chwastów jedno- i dwuliściennych, uzyskano po zastosowaniu mieszaniny Milagro 040 SC + Callisto 100 SC w pełnych dawkach, co pozwoliło osiągnąć najwyższe plony ziarna. Obniżenie dawki tych mieszanin o 1/3 i 1/2 oraz aplikowanie jej w dwóch terminach również przyniosło bardzo dobre re-

zultaty, a wszystkie występujące w doświadczeniu gatunki chwastów były niszczone w granicach od 85% do 100%. Efektem tak wysokiej skuteczności niszczenia było uzyskanie wysokich plonów ziarna kukurydzy (tab. 26).

Porównywalną efektywność działania w niszczeniu zachwaszczenia na tym stanowisku oraz wysokie plony ziarna uzyskano po zastosowaniu mieszaniny pełnych dawek Titus 25 WG + Banvel 480 SL systemem dawek dzielonych. Jedynie w przypadku fiołka polnego i blekotu pospolitego uzyskano gorszą skuteczność w ich niszczeniu, tj. na poziomie 84% (tab. 26). Wprowadzenie obniżonych dawek mieszaniny herbicydów okazało się natomiast w pełni skuteczne w stosunku do takich gatunków, jak: chwastnica jednostronna, włośnica zielona, komosa biała, szarłat szorstki, tobołki polne i psianka czarna, natomiast z gorszym skutkiem były niszczone: fiołek polny i blekot pospolity, wykazujące średnią wrażliwość na jej działanie.

Skuteczność chwastobójcza herbicydów na glebach brunatnych

Wcześniejsze badania wykazały, że na glebach brunatnych w zbiorowisku dominowała komosa biała oraz w dość dużym nasileniu takie gatunki, jak: rumian polny, przytulia czepna i przetacznik bluszczykowaty; wśród nich spotykano często formy ozime. W zbiorowiskach tych rejestrowano mniejszą różnorodność gatunkową od notowanych na czarnych ziemiach. Spośród gatunków jednoliściennych chwastnica jednostronna pojawiała się późno i w małym nasileniu oraz sporadycznie występował perz właściwy. W latach badań na tych stanowiskach dominowała komosa biała oraz w dość dużym nasileniu takie gatunki, jak: rumian polny, fiołek polny, bodziszek drobny, przytulia czepna, a z jednoliściennych notowano niewielki udział chwastnicy jednostronnej oraz włośnicy zielonej.

Podobnie jak na czarnych ziemiach herbicydy zastosowano w dwóch wariantach.

a) zwalczanie chwastów w wariacie A z użyciem herbicydów Callisto 100 SC, Milagro 040 SC oraz Titus 25 WG łącznie z adiuwantem, stosowanych w pełnych i obniżonych dawkach

W sezonach 2006–2008 zbiorowisko chwastów na glebach brunatnych kontrolowano przy użyciu pojedynczo stosowanych herbicydów Callisto 100 SC, Milagro 040 SC i Titus 25 WG z adiuwantem Trend 90 EC, w dawkach pełnych i zredukowanych o 1/3 i 1/2. Spośród badanych środków najlepszy efekt niszczenia gatunków jednoliściennych uzyskano po aplikacji herbicydów sulfonilomocznikowych Milagro 040 SC i Titus 25 WG z adiuwantem. Z bardzo dobrym skutkiem środki te ograniczały występowanie chwastnicy jednostronnej i włośnicy zielonej, chociaż na tym stanowisku ich liczebność była niewielka – łącznie dla dwóch taksonów 17 roślin·m⁻². Na każdym obiekcie herbicydowym zarówno po zastosowaniu pełnych, jak i obniżonych dawek osiągnięto skuteczność niszczenia chwastów powyżej 85% w stosunku do obiektu nietraktowanego herbicydami. Efektywność niszczenia tych gatunków przez preparat Callisto 100 SC była niższa, a po zastosowaniu dawek obniżonych możliwość ich skutecznego zniszczenia uzyskano jedynie po obniżeniu dawki do poziomu 2/3 dawki pełnej (tab. 27).

Tabela 27

Skuteczność wybranych herbicydów stosowanych w dawkach pełnych i obniżonych w stosunku do chwastów jedno- i dwuliściennych występujących na glebach brunatnych i wpływ na plon kukurydzy w latach 2006–2008

Effectiveness of selected herbicide applied in full and reduced doses to mono and dicotyledonous weed on haplic cambisols and influence on maize yield in 2006–2008

Objekt; Treatment	Dawka na ha; BBCH Dose per ha; BBCH	Zniszczenie chwastów; Weed control (%)										Plon ziarna; Yield of grain (dt·ha ⁻¹)	Masa tysiąca ziarna; Weight of 1000 grains (g)
		ECHCG + SETSS	CHEAL	ANTAR	VIOAR	GALAP	FUMOF	GERPU	ARTVU	OTHER			
Kontrola; Untreated	-	*17	*49	*13	*11	*6	*5	*15	*3	*11		42,7	299,6
Callisto 100 SC	1,5 l	90	100	96	100	88	92	89	90	100	96,5	300,3	
	1,0 l	85	92	90	88	85	88	86	88	100	91,1	300,0	
	0,75 l	73	89	88	83	80	86	75	85	98	89,8	300,4	
Milagro 040 SC	1,5 l	96	87	100	100	90	100	100	88	100	100,5	300,5	
	1,0 l	90	76	92	88	85	100	96	83	98	98,3	300,0	
	0,75 l	88	68	90	83	78	93	83	78	93	96,5	299,6	
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g + 1%	100	90	98	100	88	100	88	88	100	110,2	300,3	
	40 g + 1%	92	78	90	82	86	100	85	80	95	94,1	300,5	
	30 g + 1%	88	72	88	74	78	100	74	70	93	91,1	300,0	
Milagro 040 SC + Callisto 100 SC	0,8 + 1,0 l	98	100	100	96	100	98	98	92	100	113,2	301,3	
	0,53 + 0,67 l	85	90	90	93	95	95	95	95	95	112,6	299,5	
	0,40 + 0,50 l	83	88	85	85	88	90	89	85	92	109,6	293,2	
Titus 25 WG + Trend 90 EC + Banvel 480 SL	60 g + 1% + 0,5 l	98	96	92	84	87	98	95	74	100	111,3	301,0	
	40 g + 1% + 0,33 l	92	90	85	75	79	93	92	67	100	110,2	298,6	
	30 g + 1% + 0,25 l	88	87	83	67	60	88	88	52	92	103,3	293,2	
NIR; LSD(0,05)												0,944	14,62

* liczba chwastów w szt.·m⁻², number of weeds per m², ** DP – pełna dawka; full dose

Na glebach brunatnych najlepsze działanie chwastobójcze w stosunku do gatunków dwuliściennych z dominującą komosą białą wykazał preparat Callisto 100 SC stosowany zarówno w dawce pełnej, jak i obniżonej o 1/3. Natomiast redukcja dawki tego herbicydu o połowę nie była skuteczna w stosunku do fiołka polnego, przytulii czepnej i bodziszka drobnego (tab. 27).

Herbicydy sulfonylomocznikowe Milagro 040 SC oraz Titus 25 WG z adiuwantem Trend 90 EC aplikowane w dawce zredukowanej o 1/3 na poletkach, na których w dużym nasileniu wystąpiła komosa biała, a także pojawiła się wieloletnia bylica pospolita okazały się mało skuteczne w ich usuwaniu. W przypadku zastosowania 1/2 dawki herbicydów nie zniszczono również fiołka polnego, przytulii czepnej, bodziszka drobnego i bylicy pospolitej.

b) zwalczanie chwastów w wariacie B z dwukrotnym użyciem mieszanin herbicydowych stosowanych w pełnych i obniżonych dawkach

Efektywność niszczenia chwastów na glebach brunatnych oceniana była również dla mieszanin Milagro 040 SC + Callisto 100 SC oraz Titus 25 WG z adiuwantem Trend 90 EC + Banvel 480 SL w wariacie dawek pełnych i obniżonych, stosowanych w dwóch terminach. Efektywność tę porównywano do działania herbicydów zastosowanych pojedynczo w jednym terminie.

Najwyższą skuteczność niszczenia wszystkich gatunków chwastów wykazała mieszanina herbicydów Milagro 040 SC + Callisto 100 SC. Zastosowanie jej pozwoliło utrzymać stanowisko bez zachwaszczenia aż do zbiorów i osiągnąć najwyższe plony ziarna kukurydzy w wysokości 113,2 dt·ha⁻¹, istotnie wyższe niż na obiekcie nietraktowanym herbicydami (tab. 27). Również na tym stanowisku glebowym wprowadzenie dawek obniżonych o 1/3 przyniosło pozytywny rezultat, zwłaszcza w niszczeniu licznie występujących i uciążliwych gatunków chwastów, jak: fiołek polny, przytulia czepna, bodzisek drobnny, dymnica pospolita i bylica pospolita. Druga mieszanina Titus 25 WG z adiuwantem Trend 90 EC + Banvel 480 SL okazała się nieskuteczna, zwłaszcza w niszczeniu fiołka polnego i bylicy pospolitej.

Skuteczność chwastobójcza mieszanin herbicydowych na glebach płowych

Wcześniejsza lustracja plantacji kukurydzy na glebach płowych w rejonie Wrocławia wykazała, że w ich zachwaszczeniu duży udział miały: chwastnica jednostronna, perz właściwy, komosa biała, fiołek polny, przetaczniki, tasznik pospolity, w mniejszym stopniu rumian polny, chaber bławatek oraz licznie pojawiające się gatunki wieloletnie, jak bylica pospolita czy skrzyp polny. W warunkach płodozmianu i w systemie uprawy roli opartym na orce notowano największą bioróżnorodność gatunkową w porównaniu z systemami uproszczonymi na tych glebach. Były to zbiorowiska najmniej urozmaicone, w których gatunki dominujące występowały bardzo licznie i często obserwowano ich kompensację.

a) zwalczanie chwastów w wariancie A z użyciem herbicydów Callisto 100 SC, Milagro 040 SC oraz Titus 25 WG łącznie z adiuwantem, stosowanych w pełnych i obniżonych dawkach

W zbiorowisku gleb płowych dominowały gatunki jednoliścienne: chwastnica jednostronna, włośnica zielona oraz perz właściwy. Herbicydy sulfonilomocznikowe Milagro 040 SC oraz Titus 25 WG łącznie z adiuwantem Trend 90 EC najlepiej ograniczały ich występowanie, ale tylko, gdy były stosowane w pełnych dawkach. W doświadczeniach założonych na tym stanowisku glebowym w zwalczaniu tej grupy chwastów nie sprawdziła się chemiczna ochrona z użyciem herbicydu Callisto 100 SC (tab. 28). Przy tak dużym zachwaszczeniu herbicydy sulfonilomocznikowe stosowane samodzielnie i w ograniczonych dawkach okazały się nieskuteczne w niszczeniu większości gatunków. Spośród pojedynczo stosowanych herbicydów Callisto 100 SC najlepiej ograniczał liczbę gatunków dwuliściennych, jednak z gorszym skutkiem w stosunku do fiołka polnego (tab. 28).

b) zwalczanie chwastów w wariancie B z dwukrotnym użyciem mieszanin herbicydowych stosowanych w dawkach pełnych i obniżonych

Aplikacja mieszaniny herbicydów Milagro 040 SC + Callisto 100 SC w dwóch terminach w dawkach pełnych okazała się nieskuteczna w eliminowaniu średnio wrażliwych chwastów – chwastnicy jednostronnej, włośnicy zielonej i perzu właściwego. Natomiast gatunki dwuliścienne po zastosowaniu pełnej dawki tej mieszaniny herbicydów były niszczone efektywniej. Jednak w przypadku zastosowania dawki obniżonej o 1/3 wykazano zbyt słabą skuteczność zwalczania fiołka polnego i przetacznika perskiego.

Chwasty jednoliścienne, które występowały w największym nasileniu w zbiorowisku, z bardzo dobrym skutkiem zwalczała mieszanina herbicydów Titus 25 WG + Banvel 480 SL z adiuwantem Trend 90 EC, nawet po wprowadzeniu dawki obniżonej o 1/3 (tab. 28). Również efektywność niszczenia chwastów dwuliściennych była najwyższa w przypadku użycia tej mieszaniny na tym samym obiekcie w dawkach pełnych i obniżonych o 1/3, co umożliwiło niemal całkowite zabezpieczenie plantacji przed zachwaszczeniem. Plony ziarna uzyskane po zastosowaniu tej mieszaniny były istotnie wyższe niż na obiekcie nietraktowanym oraz znacznie wyższe niż na obiektach traktowanych pojedynczymi herbicydami.

Wyniki uzyskane w doświadczeniach prowadzonych na różnych typach gleb świadczą o możliwości skutecznej regulacji zachwaszczenia z wykorzystaniem obniżonych dawek herbicydów jedynie w przypadku niskiego nasilenia chwastów. Natomiast na stanowiskach o dużej liczebności chwastów z dobrym skutkiem można stosować metodę dawek dzielonych odpowiednio dobranych mieszanin herbicydów.

Tabela 28

Skuteczność wybranych herbicydów stosowanych w dawkach pełnych i obniżonych w stosunku do chwastów jedno- i dwuliściennych występujących na glebach płowych i wpływ na plon kukurydzy w latach 2006–2008
Effectiveness of selected herbicide applied in full and reduced doses to mono and dicotyledonous weed on haplic luvisols and influence on maize yield in 2006–2008

Obiekt; Treatment	Dawka na ha; BBCH Dose per ha; BBCH	Zniszczenie chwastów; Weed control (%)								Plon ziarna; Yield of grain (dt·ha ⁻¹)	Masa tysiąca ziaren; Weight of 1000 grains (g)		
		ECHCG + SETVI	ELYRE	CHEAT	VOAR	VERPE	CAPBP	ANTAR	GENCY			ARTVU	OTHER
Kontrola; Untreated	-	*188	*28	*72	*28	*17	*18	*11	*6	*7	*12	48,7	276,3
	1,5 l	68	56	90	84	88	95	90	86	89	100	68,3	299,3
	1,0 l	55	42	88	82	86	92	88	85	85	92	62,5	287,3
Callisto 100 SC	0,75 l	38	22	83	78	85	90	86	82	76	88	59,7	283,3
	1,5 l	90	85	76	83	85	92	84	85	83	100	70,3	293,5
	1,0 l	86	78	68	78	82	90	80	78	77	92	67,8	290,5
Milagro 040 SC	0,75 l	82	66	60	73	79	88	79	74	72	85	64,2	285,7
	60 g + 1%	93	90	73	83	85	90	83	81	80	100	72,6	300,1
	40 g + 1%	87	81	66	74	83	89	80	77	76	92	70,4	292,6
Titus 25 WG + Trend 90 EC	30 g + 1%	78	65	58	70	82	86	77	70	69	85	68,2	290,8
	0,8 + 1,0 l	84	82	88	86	88	100	90	90	98	100	116,4	300,4
	0,53 + 0,67 l	82	77	85	84	82	100	85	85	87	100	111,5	292,6
Milagro 040 SC + Callisto 100SC	0,40 + 0,50 l	76	70	84	82	80	100	74	70	85	100	103,2	290,7
	60 g + 1% + 0,5 l	95	89	100	90	90	100	98	92	100	100	117,4	300,2
	40 g + 1% + 0,33 l	92	87	95	89	89	87	94	90	93	100	114,5	294,7
Titus 25 WG + Trend 90 EC + Banvel 480 SL	30 g + 1% + 0,25 l	88	85	95	87	86	80	88	87	91	100	110,3	290,1
		NIR; LSD (0,05)								1,128		15,02	

* liczba chwastów w szt.·m⁻²; number of weeds per m²; ** DP – pełna dawka; full dose

4.6. WSPÓLDZIAŁANIE ADIUWANTÓW W MIESZANINACH Z HERBICYDAMI STOSOWANYMI W OBNIŻONYCH DAWKACH

W sytuacji wystąpienia niekorzystnych warunków pogodowych czy wadliwie dobranych parametrów technicznych opryskiwacza lub w przypadku podjęcia decyzji o stosowaniu ograniczonych dawek herbicydów, zadowalający efekt chwastobójczy można uzyskać poprzez łączenie herbicydów z adiuwantami (tab. 4a). Są to preparaty wspomagające działanie substancji aktywnych herbicydów, wpływając na polepszenie ich retencji, zapobieganie krystalizacji osadów powstałych na powierzchni liści po odparowaniu wody z kropel cieczy użytkowej oraz wzmacnianie absorpcji substancji aktywnych do komórek roślinnych.

Celem badań prowadzonych w oparciu o modelowe testy biologiczne w warunkach o kontrolowanym poziomie wilgotności gleby oraz zakresie temperatury powietrza była ocena wpływu dodatku adiuwantów olejowych Actirob 842 EC oraz Atpolan 80 EC na wzrost skuteczności herbicydów Milagro 040 SC, Callisto 100 SC oraz mieszanin tych herbicydów w stosunku do czterech gatunków chwastów: chwastnicy jednostronnej, komosy białej, szarłatki szorstkiej oraz przytulii czepnej.

Wrażliwość komosy białej na różne dawki herbicydów stosowane łącznie z adiuwantami

Milagro 040 SC

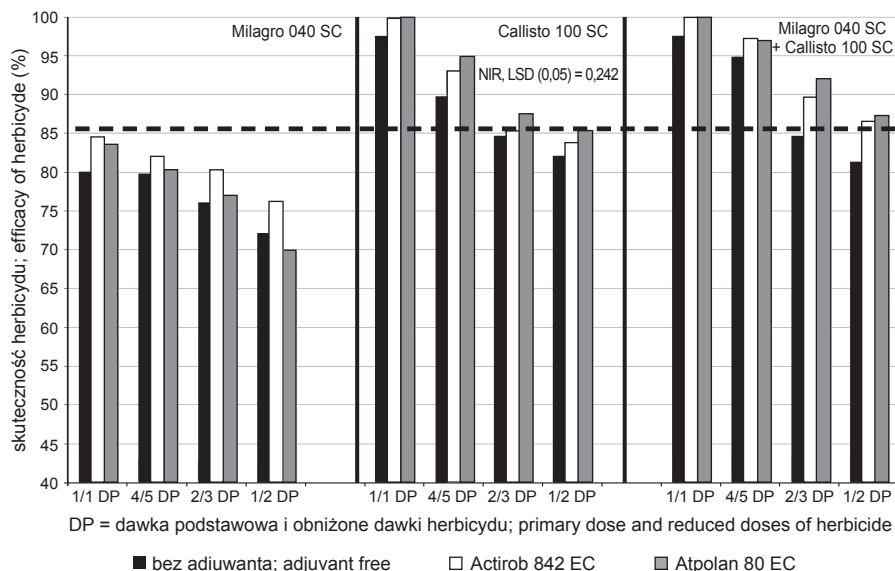
Komosa biała jest gatunkiem średnio wrażliwym na działanie herbicydu Milagro 040 SC. Skuteczność jej niszczenia po użyciu pełnej zalecanej dawki herbicydu bez dodatku adiuwantów oraz przy obsadzie 4 roślin w wazonie wynosiła 80,1%. Po dodaniu adiuwantów do herbicydu stosowanego zarówno w dawkach pełnych, jak i obniżonych, statystycznie istotny wzrost skuteczności otrzymano jedynie w przypadku wspomagacza Actirob 842 EC. Wraz z obniżaniem dawki herbicydu obserwowano większy wpływ adiuwanta na niszczenie tego gatunku (rys. 3).

Callisto 100 SC

Łączenie Callisto 100 SC z adiuwantami w systemie obniżonych dawek pozwoliło uzyskać statystycznie istotny wzrost skuteczności niszczenia komosy białej w porównaniu z samodzielnie stosowanym herbicydem. W przypadku tego herbicydu najlepsze działanie wspomagające uzyskano po dodaniu wspomagacza Atpolan 80 EC, nawet w przypadku zastosowania dawki zredukowanej o połowę (rys. 3).

Milagro 040 SC + Callisto 100 SC

Dodatek wspomagaczy istotnie wpłynął na zwiększenie skuteczności chwastobójczej tej mieszaniny herbicydów. Przy tym poziomie liczebności komosy białej oraz zastosowaniu mieszaniny herbicydów w obniżonych o 50% dawkach zastosowane adiuwanty działały podobnie i umożliwiły zniszczenie tego gatunku od 86,5 do 87,3% (rys. 3).



Rys. 3. Wrażliwość *Chenopodium album* na różne dawki herbicydów stosowanych łącznie z adiuwantami

Sensitivity of *Chenopodium album* on different doses of herbicides applied with adjuvants

Wrażliwość chwastnicy jednostronnej na różne dawki herbicydów stosowanych łącznie z adiuwantami

Milagro 040 SC

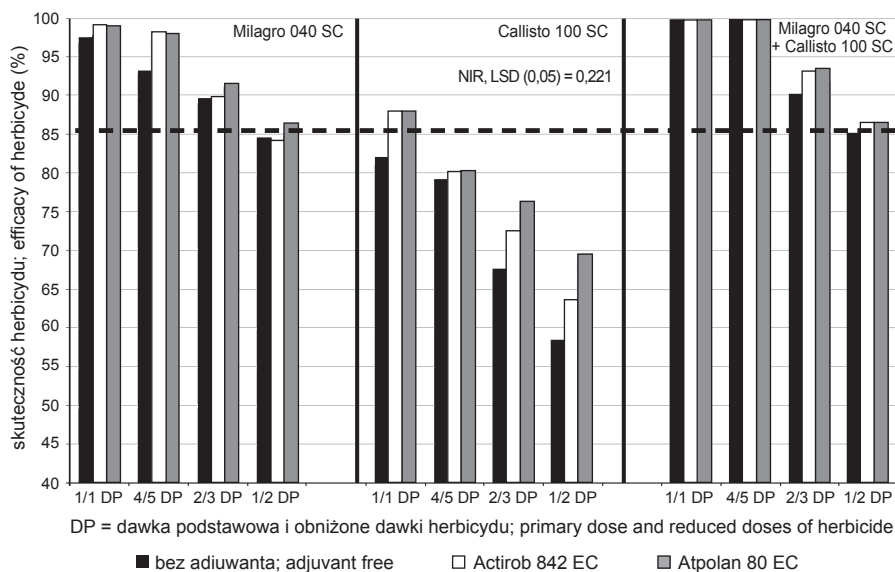
Łączenie herbicydu Milagro 040 SC z każdym ze wspomagaczy istotnie zwiększyło skuteczność niszczenia chwastnicy jednostronnej. Wrażliwość tego chwastu na działanie herbicydu Milagro 040 SC aplikowanego zarówno w dawkach pełnych, jak i obniżonych została wykazana dla kombinacji, w której zastosowano 4/5 i 2/3 dawki podstawowej niezależnie od rodzaju wspomagacza. Natomiast obniżanie dawki o połowę było możliwe tylko w przypadku zastosowania tego herbicydu z adiuwantem Atpolan 80 EC (rys. 4).

Callisto 100 SC

Chwastnica jednostronna była dość odporna na herbicyd Callisto 100 SC. Skuteczność działania po zastosowaniu pełnej dawki bez dodatku adiuwantów wynosiła zaledwie 82,0%. Po dodaniu każdego z adiuwantów do herbicydu stosowanego w pełnej dawce uzyskano kilkuprocentowy wzrost skuteczności chwastobójczej. Zastosowanie obniżonych dawek herbicydu spowodowało spadek skuteczności niszczenia tego gatunku. Użycie adiuwantów wprawdzie poprawiło skuteczność preparatu Callisto 100 SC, jednak była ona ciągle poniżej 85%. Z dwóch wybranych do doświadczeń wspomagaczy większą przydatność wykazał Atpolan 80 EC niż Actirol 842 EC, co było szczególnie widoczne, gdy herbicyd stosowano w dawkach silnie zredukowanych (rys. 4).

Milagro 040 SC + Callisto 100 SC

Efektywność niszczenia chwastnicy jednostronnej mieszaniną tych dwóch herbicydów była wyższa w porównaniu z ich samodzielnym stosowaniem. Przy obsadzie 4 roślin w wazonie tego gatunku oraz użyciu mieszaniny, bez względu na dodatek adiuwanta, uzyskano całkowite zniszczenie chwastnicy jednostronnej. Natomiast zastosowanie mieszaniny w dawkach obniżonych i uzyskanie wysokiej skuteczności niszczenia tego chwastu było możliwe tylko po dodaniu adiuwantów do cieczy opryskowej (rys. 4).



Rys. 4. Wrażliwość *Echinochloa crus-galli* na różne dawki herbicydów stosowanych łącznie z adiuwantami

Sensitivity of *Echinochloa crus-galli* on different doses of herbicides applied with adjuvants

Wrażliwość szarłatku szorstkiego na różne dawki herbicydów stosowanych łącznie z adiuwantami

Milagro 040 SC

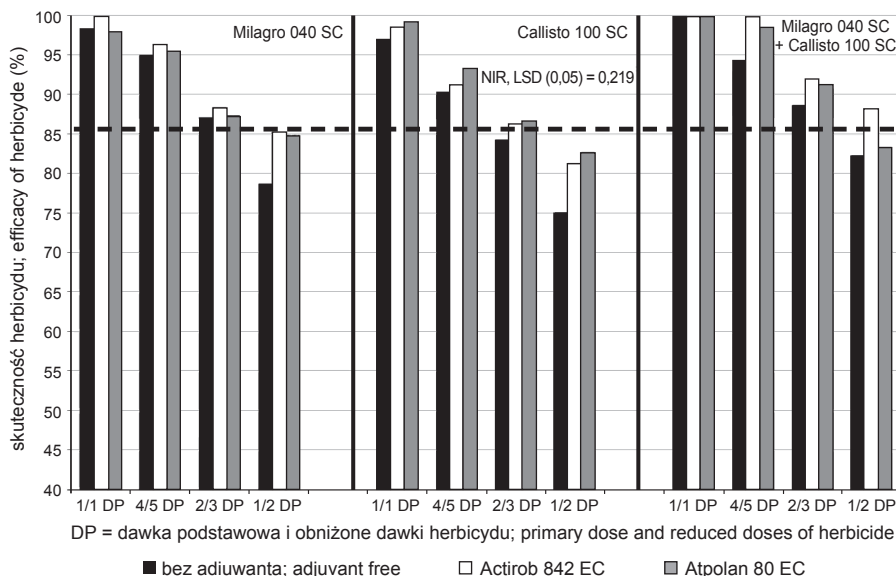
Łączenie adiuwantów z herbicydem Milagro 040 SC stosowanym w pełnej dawce oraz w dawkach obniżonych pozwoliło uzyskać statystycznie istotny wzrost skuteczności niszczenia szarłatku szorstkiego. Przy obsadzie 4 roślin w wazonie, po dodaniu adiuwanta Actirob 842 EC lub Atpolan 80 EC do herbicydu w dawce obniżonej nawet o połowę możliwe było zniszczenie szarłatku szorstkiego na poziomie 85%. Z wybranych do doświadczeń wspomagaczy bardziej efektywny okazał się Actirob 842 EC, szczególnie po zastosowaniu 2/3 dawki podstawowej herbicydu, co pozwoliło uzyskać 88,3% skuteczności zniszczenia tego gatunku (rys. 5).

Callisto 100 SC

Wspomagacze Actirob 842 EC i Atpolan 80 EC stosowane z obniżonymi dawkami herbicydu Callisto 100 SC wpłynęły na zwiększenie efektywności niszczenia szarłatu szorstkiego, a różnice w porównaniu do skuteczności samodzielnie użytego herbicydu były statystycznie istotne. Najlepsze działanie wspomagające uzyskano po dodaniu adiuwanta Atpolan 80 EC, co w przypadku użycia dawki obniżonej o 2/3 pozwoliło osiągnąć zadowalającą 85% skuteczność niszczenia tego chwastu (rys. 5).

Milagro 040 SC + Callisto 100 SC

Zastosowanie mieszaniny herbicydów Milagro 040 SC + Callisto 100 SC w pełnej dawce bez adiuwantów pozwoliło uzyskać 100% zniszczenie szarłatu szorstkiego. Po zastosowaniu tej mieszaniny w dawkach obniżonych efektywne zniszczenie szarłatu szorstkiego z istotnie lepszym skutkiem było możliwe jedynie z dodatkiem adiuwantów. W przypadku użycia dawki obniżonej o połowę lepsze działanie wspomagające uzyskano po dodaniu adiuwanta Actirob 842 EC niż Atpolan 80 EC (rys. 5).



Rys. 5. Wrażliwość *Amaranthus retroflexus* na różne dawki herbicydów stosowanych łącznie z adiuwantami

Sensitivity of *Amaranthus retroflexus* on different doses of herbicides applied with adjuvants

Wrażliwość przytuli czepnej na różne dawki herbicydów stosowanych łącznie z adiuwantami

Milagro 040 SC

Dodatek każdego z badanych adiuwantów do herbicydu Milagro 040 SC nie spowodował w żadnym przypadku istotnego zwiększenia skuteczności niszczenia przytuli czepnej. Efektywność niszczenia tego gatunku herbicydem w pełnej daw-

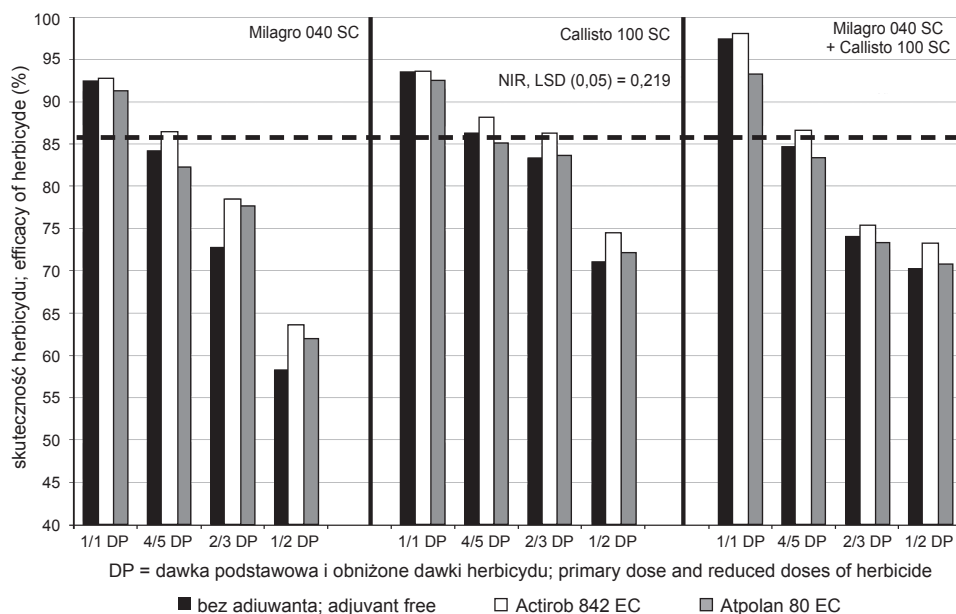
ce i bez adiuwanta wynosiła 92,4%. Po zastosowaniu tego herbicydu w dawkach obniżonych efektywne zniszczenie przytulii czepnej było możliwe jedynie dla kombinacji 4/5 dawki podstawowej z użyciem wspomagacza Actriob 842 EC. Dalsze redukcowanie dawek nie dało zadowalającego efektu chwastobójczego, chociaż obserwowano statystycznie istotny wzrost działania herbicydu stosowanego łącznie z adiuwantem (rys. 6).

Callisto 100 SC

Badane adiuwanty zarówno Actriob 842 EC, jak i Atpolan 80 EC zwiększyły skuteczność herbicydu Callisto 100 SC stosowanego zwłaszcza w dawkach obniżonych. Natomiast po zaaplikowaniu obniżonych o 4/5 i 2/3 dawek tego herbicydu, jedynie Actriob 842 EC wpłynął na istotny wzrost jego skuteczności, przy obsadzie 4 roślin w wazonie (rys. 6).

Milagro 040 SC + Callisto 100 SC

Efektywność niszczenia przytulii czepnej pełną dawką mieszaniny tych dwóch herbicydów zarówno po zastosowaniu jej z dodatkiem, jak i bez dodatku adiuwantów była wyższa w porównaniu z samodzielnie stosowanymi herbicydami. W systemie obniżonych dawek najwyższą skuteczność niszczenia przytulii czepnej uzyskano po dodaniu adiuwanta Actriob 842 EC. Jednak jej zniszczenie na poziomie 85% było możliwe tylko dla kombinacji 4/5 dawki podstawowej (rys. 6).



Rys. 6. Wrażliwość *Galium aparine* na różne dawki herbicydów stosowanych łącznie z adiuwantami
Sensitivity of *Galium aparine* on different doses of herbicides applied with adjuvants

5. DYSKUSJA

5.1. OCENA ZAGROŻENIA UPRAWY KUKURYDZY PRZEZ ZBIOROWISKA CHWASTÓW W ZALEŻNOŚCI OD TYPU GLEBY I TECHNOLOGII UPRAWY

Jedną z zasad racjonalnego zwalczania chwastów na plantacjach kukurydzy jest znajomość aktualnego stanu i stopnia zachwaszczenia, co pozwala na wyodrębnienie charakterystycznych zbiorowisk z gatunkami dominującymi. Ponad 53% obszaru województwa dolnośląskiego stanowią gleby należące do kompleksów: pszennego bardzo dobrego i dobrego z dużym udziałem czarnych ziem, czarnoziemów i gleb brunatnych, natomiast około 33% stanowią gleby należące do kompleksów: żytniego bardzo dobrego i dobrego (GUS 2009), a wśród nich gorsze stanowiska gleb brunatnych i gleby płowe, nadające się jednak pod uprawę kukurydzy.

Zespołowe badania prowadzone w latach 1972–1991 pozwoliły ustalić stan zachwaszczenia na plantacjach kukurydzy na różnych kompleksach glebowych województwa wrocławskiego (Rola i Rola 1999). Na podstawie stopni stałości fitosocjologicznej i współczynnika pokrycia wytypowano gatunki powszechnie występujące i stwierdzono, że największym zagrożeniem na glebach kompleksów 1 i 2 były chwastnica jednostronna, komosa biała i gwiazdnica pospolita. Natomiast rdest powojowaty i plamisty oraz włośnice pojawiały się rzadziej i w mniejszym nasileniu, najczęściej na małopowierzchniowych plantacjach. Na glebach kompleksów 4 i 5 najczęściej spotykano zbiorowiska z dużym udziałem komosy białej, perzu właściwego i gwiazdnicy pospolitej oraz z nieco mniejszym udziałem chwastnicy jednostronnej. Natomiast zachwaszczenie rdestem powojowatym i plamistym oraz włośnicami i skrzypem polnym na tych stanowiskach określano jako sporadyczne. Lista florystyczna zbiorowisk chwastów towarzyszących uprawom kukurydzy na glebach należących do kompleksów 5 i 6 obejmowała głównie perz właściwy, komosę białą i gwiazdnicę pospolitą. Pozostałe gatunki z tej listy występowały rzadko i sporadycznie (Rola i Rola 1987a i 1987b, Rola i in. 1992).

Na skutek zmian warunków pogodowych zachodzących na przestrzeni ostatnich trzech dekad, zwłaszcza średniej rocznej temperatury powietrza w stosunku do średniej wieloletniej oraz przekształceń własnościowych i uproszczeń w technologii uprawy w zbiorowiskach chwastów towarzyszących kukurydzy zachodziły istotne zmiany.

Wyniki badań własnych wskazują, że obecnie na żyznych glebach kompleksów: pszenno bardzo dobry i dobry obserwuje się również duże zmiany w składzie gatunkowym zbiorowisk chwastów segetalnych. W latach prowadzenia badań zanotowano na tych stanowiskach łącznie 27 taksonów. Nadal gatunkami dominującymi pozostają komosa biała i chwastnica jednostronna. Dużym zagrożeniem staje się nasilające występowanie psianki czarnej oraz obecność ciepłolubnych i późnoshodzących gatunków – blekotu pospolitego, lulka czarnego i zaślazu pospolitego. Według

Domaradzkiego i in. (2008) problem zachwaszczenia zaślaniem pospolitym istnieje na większą skalę, lecz w wielu przypadkach, występując w małym nasileniu, umyka uwadze plantatorów lub jest mylony z gatunkami rodzimymi.

Na początku wegetacji kukurydzy w dość dużym nasileniu spotyka się jasnotę purpurową oraz tobołki polne, natomiast często notowanym gatunkiem późnowschodzącym i zagrażającym kukurydzy głównie w drugiej połowie wegetacji jest szarłat szorstki. Wzrasta także udział włośnicy zielonej w tych zbiorowiskach. Przez cały okres wegetacji kukurydzy gatunkami utrzymującymi się w zasiewach aż do zbiorów były: przetacznik perski, rdest powojowaty i plamisty. W porównaniu z poprzednimi wynikami badań istotnie spadło nasilenie gwiazdnicą pospolitą.

Na glebach kompleksów: żytmi dobry i słaby z dużym udziałem gleb brunatnych lista flory segetalnej była uboższa, a dominującymi gatunkami chwastów były: komosa biała, chwastnica jednostronna, włośnica zielona i bylica pospolita, charakteryzujące się najwyższymi współczynnikami pokrycia i stopniami stałości fitosocjologicznej. W zbiorowisku tym notowano też duży udział gatunków dotąd niespotykanych w tej uprawie, jak: przytulia czepna i stulicha psia. Na glebach płowych tych kompleksów o różnorodności flory segetalnej najczęściej decydowały: komosa biała, chwastnica jednostronna, fiołek polny, przetacznik perski oraz o najwyższych współczynnikach pokrycia i pojawiające się w nieco mniejszym nasileniu – rumian polny i tasznik pospolity. Nadal uciążliwym chwastem pozostawał na tych stanowiskach perz właściwy. W ostatnich latach daje się zauważyć obecność bylicy polnej, gatunku o wysokim współczynniku ekspansywności, której obecność wynika z przenikania jej do upraw z terenów odłogowanych. Na glebach płowych zanotowano najniższe różnicowanie gatunkowe chwastów.

Niezależnie od typu gleby i wielkości gospodarstwa na badanych obiektach w największym nasileniu występowały chwastnica jednostronna i komosa biała. Istotnie większe liczebności szarłatu szorstkiego i psianki czarnej wykazano na czarnych ziemiach w porównaniu z pozostałymi stanowiskami glebowymi. Natomiast na glebach brunatnych w większym nasileniu wystąpiły chwastnica jednostronna i komosa biała oraz przetaczniki. Gleby płowe oprócz dominacji chwastnicy jednostronnej i komosy białej charakteryzowały się zwiększoną liczbą roślin na jednostce powierzchni: fiołka polnego, rumianu polnego i perzu właściwego. W stosunku do wyników wcześniejszych badań obserwowano duży udział gatunków ciepłolubnych późnowschodzących, jak: włośnica zielona, szarłat szorstki, psianka czarna, blekot pospolity, lulek czarny oraz gatunków towarzyszących dotąd uprawom zbóż, jak: przytulia czepna i stulicha psia, zaś uproszczenia uprawowe i siew bezpośredni mogły przyczynić się do licznego pojawiania się bylicy pospolitej.

Istotny wpływ na kształtowanie stanu i stopnia zachwaszczenia wywiera technologia uprawy kukurydzy, a zwłaszcza związana z nią gospodarka płodozmianowa. Na przestrzeni lat uległa ona znacznemu uproszczeniu w związku z rozszerzeniem areалу uprawy zbóż, w tym również kukurydzy (Dzienia i in. 1998, Rola 1999).

Zmiany technologii uprawy kukurydzy najczęściej wymuszały czynniki organizacyjno-ekonomiczne, takie jak:

- uproszczenia w zakresie zmianowania roślin i uprawy roli;
- wzrost nawożenia mineralnego, a zwłaszcza azotowego;
- pojawienie się odmian roślin dobrze przystosowanych do zbioru mechanicznego, ale mniej konkurencyjnych w stosunku do chwastów;
- uzupełnienie metod agrotechnicznej walki z chwastami metodami chemicznymi, które w największym stopniu decydowały o stanie i stopniu zachwaszczenia pól (Adamczewski i Dobrzański 1997, Rola i Rola 1995b).

Również w warunkach intensywnego gospodarowania istotne stało się odchylenie od tradycyjnego płodozmiaru, duże wysycenie go tylko zbożami, bądź nawet wieloletnie uprawianie kukurydzy w monokulturze, co w dużej mierze wpływało na zmiany w jej zachwaszczeniu. Natomiast warunki siedliskowe, jak podają Domaradzki i Rola (2002), zaczęły odgrywać drugorzędną rolę w różnicowaniu zbiorowisk chwastów. Według Bleharczyka i in. (2004), wszelkie uproszczenia w technologii uprawy kukurydzy mogą przyczyniać się w pierwszych latach ich wprowadzania do wzrostu zachwaszczenia.

W podjętych w latach 2002–2008 badaniach zwrócono uwagę na ile intensywność produkcji, a zwłaszcza różne technologie uprawy kukurydzy (płużna, uproszczona, siew bezpośredni) mogą wpływać na stan zachwaszczenia kukurydzy uprawianej w tych samych warunkach siedliskowych. W doświadczeniach prowadzonych na glebie płowej z zastosowaniem płodozmiaru oraz monokultury, w systemie opartym na orce notowano większą bioróżnorodność gatunkową chwastów i mniejsze ich liczebności niż w monokulturze. W poszczególnych systemach uprawowych z zastosowaniem zarówno zmianowania, jak i w monokulturze dominowały komosa biała i chwastnica jednostronna, a im większe wprowadzano uproszczenia uprawowe, tym większy obserwowano ich udział, zwłaszcza komosy białej w przypadku siewu bezpośredniego.

Lista chwastów jedno- i dwuliściennych spotykanych w uprawie konwencjonalnej opartej na orce była najdłuższa, agrocenoza w systemie uproszczonym była gatunkowo uboższa, zaś w siewie bezpośrednim notowano najmniej taksonów w zbiorowisku. W strukturze zachwaszczenia monokultury kukurydzy zmniejszyła się ilość chwastów dwuliściennych w porównaniu z uprawą konwencjonalną z zastosowaniem płodozmiaru. Obserwowano również większe nasilenie gatunków jednoliściennych jednorocznych jak i wieloletnich często lub stale obecnych, zwłaszcza w systemach uproszczonych i w siewie bezpośrednim. W przypadku chwastów wieloletnich znacznie wzrosło ich zagrożenie w systemach opartych na siewie bezpośrednim; tworzyły je poza perzem właściwym gatunki dwuliścienne, takie jak: bylca pospolita i ostrożeń polny oraz skrzyp polny. Uzyskane wyniki potwierdzają tezę Roli (1991) o większym bogactwie gatunkowym zbiorowisk chwastów w uprawie konwencjonalnej z zastosowaniem płodozmiaru, charakteryzujących się większą stabilnością i mniejszym zagrożeniem gatunkami wieloletnimi, często ekspansyw-

nymi niż w uprawach uproszczonych. W zbiorowisku tym łatwiej regulować zachwaszczenie metodami agrotechnicznymi niż w fitocenozach, w których dominuje jeden lub dwa gatunki.

Powszechnie stosowane metody fitosocjologiczne opisujące stan jakościowy i ilościowy zbiorowisk chwastów nie pozwalały dotąd na określenie statystycznie udowodnionych interakcji w zachwaszczeniu na różnych stanowiskach glebowych. W podjęciu decyzji o wyborze chemicznej metody ochrony uprawy przed gatunkami segetalnymi ważna jest znajomość aktualnego stanu zachwaszczenia w zależności od typu gleby i wielkości gospodarstwa oraz wykazanie jego zróżnicowania z wykorzystaniem odpowiednio dobranej metody statystycznej. Z licznych doniesień literaturowych wiadomo, że wiele zjawisk biologicznych zachodzących w zbiorowiskach chwastów ma charakter jakościowy. Zmienne opisujące te zjawiska są zmiennymi przyjmującymi skończoną liczbę wartości. W celu porównania wyników badań nie można stosować typowej analizy wariancji dla zmiennych ilościowych. W opracowaniach oceniających bioróżnorodność zbiorowisk chwastów stosuje się najczęściej szacunkową ocenę stopnia pokrycia jednostki powierzchni przez dany gatunek. Stopień pokrycia wyraża się za pomocą 6-stopniowej skali Braun-Blanqueta, obliczając współczynnik pokrycia i stałość fitosocjologiczną. Różnorodność gatunkową ocenia się również poprzez wskaźniki różnorodności Shannona lub dominacji Simsona (Wesołowski 1984, Feledyn-Szewczyk i Duer 2004). Wyniki tych prac mogą być jednak obciążone pewnym błędem wynikającym z przekształcenia wartości pierwotnych (liczebności różnych gatunków chwastów) na liczby zmienne o charakterze ilościowym. W naukach biologicznych najczęściej stosowaną metodą testowania istotności statystycznej wpływu różnych czynników na zmienność badanej cechy jakościowej jest analiza log-liniowa. Analizę tę przedstawiono w opracowaniach Goodman (1978), Greenacre (1984), Hill (1974) i wykorzystano w badaniach własnych do oceny zachwaszczenia gatunkami dominującymi, stale obecnymi w uprawie kukurydzy w gospodarstwach różniących się wielkością powierzchni i intensywnością produkcji. Analiza log-liniowa i korespondencji wykazała znaczną zmienność nasilenia zachwaszczenia plantacji w zależności od wielkości gospodarstwa, typu gleb, lat badań i gatunków chwastów. Wykazano istotne interakcje pomiędzy: typem gleby a gatunkami chwastów, wielkością gospodarstwa a gatunkami chwastów, latami badań a gatunkami chwastów oraz typem gleby a wielkością gospodarstwa. W różnicowaniu liczebności chwastów występujących na czarnych ziemiach większy wpływ miała powierzchnia gospodarstwa niż stanowisko glebowe, natomiast odwrotnie było na glebach płowych. Największe nasilenie chwastów wykazano w gospodarstwach małych na glebach płowych, a najmniejsze w gospodarstwach dużych na czarnych ziemiach.

Niezależnie od typu gleby i wielkości gospodarstwa w największej liczebności zawsze występowały chwastnica jednostronna i komosa biała. Istotnie większą liczbę włośnicy zielonej, szarłatu szorstkiego i psianki czarnej wykazano na czarnych ziemiach w porównaniu z pozostałymi stanowiskami. Na glebach brunatnych w du-

zym nasileniu wystąpiły również chwastnica jednostronna i komosa biała oraz przetacznik bluszczokowaty. Natomiast gleby płowe charakteryzowały się najwyższą liczebnością na jednostce powierzchni takich gatunków, jak: chwastnica jednostronna, komosa biała, fiołek polny, rumian polny i perz właściwy.

5.2. EFEKTYWNOŚĆ NISZCZENIA CHWASTÓW Z WYKORZYSTANIEM ZOPTYMALIZOWANYCH DAWEK HERBICYDÓW NA STANOWISKACH O RÓŻNYM STOPNIU ZACHWASZCZENIA

Lustracje pól prowadzone w latach 2006–2008 w południowo-zachodnim rejonie Polski pozwoliły scharakteryzować zbiorowiska chwastów, dokonać oceny i kierunku zmian zachodzących w zachwaszczeniu na przestrzeni lat na różnych typach gleb oraz porównać wpływ sposobu gospodarowania i technologii uprawy kukurydzy na ich bioróżnorodność.

W planowaniu wyboru efektywnej metody regulacji zachwaszczenia z zastosowaniem obniżonych dawek herbicydów pomocna jest znajomość terminu usuwania chwastów w oparciu o ustalenie krytycznych okresów ich zagrożenia dla kukurydzy. Znajomość ta stanowi również ważny element strategii w integrowanych programach ich zwalczania. Wyznaczanie krytycznego okresu konkurencji chwastów w zależności od fazy rozwojowej kukurydzy pozwala określić do jakiego czasu od jej wschodów chwasty towarzyszące nie powodują obniżki plonu oraz od jakiego terminu niezwalczone chwasty lub pojawiające się w zachwaszczeniu wtórnym istotnie wpływają na poziom plonowania (Dawson 1986).

Z danych literaturowych wynika, że kukurydza bezwzględnie wymaga czystego stanowiska przez okres od 25 do 35 dni od wschodów, ponieważ w tym czasie konkurencja chwastów jest najwyższa, a straty w plonach na skutek nieprzestrzegania tego okresu mogą wynosić od 75 do 85% w stosunku do obiektu niezachwaszczonego (Villasana i in. 2004).

W badaniach prowadzonych przez Rolę (1986) pozostawienie chwastnicy jednostronnej w łanie do fazy 3–4 liści kukurydzy i usunięcie jej po tym okresie obniżyło plon ogólny o 7–10% (średnio z poszczególnych doświadczeń). Dalsze opóźnianie odchwaszczenia o 3, 4 i 5 tygodni od wschodów pociągało za sobą znaczną obniżkę plonu ogólnego kukurydzy sięgającą odpowiednio: 12–18, 28–29 i 32–37%.

Badania przeprowadzone przez autorkę w latach 2004–2005 wykazały, że chwastnica jednostronna przy podobnym, nieregulowanym nasileniu występowania, do czasu wejścia kukurydzy w fazę 5 liści nie wpływała konkurencyjnie na jej vegetację i nie powodowała obniżki plonów. Natomiast gatunki, takie jak: szarłat szorstki, komosa biała i chwastnica jednostronna w różnym stopniu wpływały na wzrost i rozwój kukurydzy.

Uzyskane wyniki wskazują, że najbardziej niekorzystny wpływ na vegetację kukurydzy wywarła obecność w łanie komosy białej, gdyż siła jej konkurencji była najwyższa, a kukurydza wymagała najdłuższego okresu pozostawienia czystego sta-

nowiska. Natomiast usunięcie szarlatu szorstkiego do czasu osiągnięcia przez kukurydzę fazy 7 liści lub pojawianie się chwastów dopiero po tej fazie rozwojowej wyznaczało okres, w którym kukurydza jest w stanie konkurować z tym gatunkiem. Chwastnicę jednostronną powinno się usuwać przed wykształceniem 5 liści kukurydzy lub pozwolić jej na pojawianie się dopiero po osiągnięciu fazy 7 liści, gdyż obecność jej w terminie od 5 do 7 liści kukurydzy prowadzi do istotnego spadku plonu ziarna.

Adamczewski i in. (1994) oraz Adamczewski i Dobrzański (1997) wskazują, że w programach dotyczących precyzyjnego stosowania herbicydów powinno się zwracać dużą uwagę na wykorzystywanie zdolności konkurencyjnych roślin uprawnych, aby środki ochrony przed zachwaszczeniem stosować w takiej ilości, by niszczyły lub hamowały rozwój chwastów, ale nie szkodziły roślinie uprawnej.

Warunkiem uzyskania wysokiej efektywności środków ochrony roślin w regulacji zachwaszczenia w systemach integrowanych jest dobrze skonstruowany płodozmian oraz prawidłowa agrotechnika (Kuś 2006). W systemie tym dopuszcza się ograniczanie dawek środków chemicznych, jeżeli łączy się chemiczną metodę ochrony roślin z metodami mechanicznymi, biologicznymi, agrotechnicznymi, zbilansowanymi dawkami nawozów uwzględniającymi zapotrzebowanie pokarmowe roślin i zasobność gleby (Rola 1991 i 1999, Dzienia i in. 1999).

W opinii niektórych autorów stosowanie płodozmianów wysyconych zbożami, różniących się doбором roślin regenerujących nie wpływało istotnie na różnorodność gatunkową chwastów w zbiorowisku (Stupnicka-Rodzinkiewicz i Lepiarczyk 2004). Natomiast istotne ograniczenie liczebności chwastów powoduje stosowanie herbicydów, a długotrwałe stosowanie tych samych środków w wysokich dawkach może doprowadzić do całkowitego wyeliminowania pewnych gatunków z danego ekosystemu (Rola i Rola 2000). W ostatnich latach utrzymuje się pogląd, że największy wpływ na kształtowanie bioróżnorodności zbiorowisk chwastów mają intensywne zmiany agrotechniczne zachodzące w uprawach rolniczych, w tym w kukurydzy (Jordan 1990, Vereijken 1992, Weber 2002).

W warunkach intensywnego gospodarowania chemiczne środki chwastobójcze racjonalnie dostosowane do stanu i stopnia zachwaszczenia z zachowaniem zasady unikania aplikacji środków o takim samym mechanizmie działania pozwalają na użycie ich w znacznie zredukowanych dawkach bez ryzyka obniżki plonu (Domaradzki 2006).

Wyniki badań uzyskane z doświadczeń polowych prowadzonych na różnych typach gleb, gdzie stosowano prawidłowy płodozmian oraz uprawę kukurydzy w systemie orkowym świadczą o możliwości efektywnego niszczenia charakterystycznych zbiorowisk z dominacją chwastnicy jednostronnej i komosy białej herbicydami lub ich mieszaninami stosowanymi w obniżonych dawkach. Na żyznych czarnych glebach możliwa jest wysoka skuteczność niszczenia chwastów jedno- i dwuliściennych herbicydami Titus 25 WG z adiuwantem Trend 90 EC oraz Milagro 040 SC w dawkach obniżonych o 33%. Jednak najlepsze działanie chwastobójcze na

tych glebach wykazały mieszaniny Callisto 100 SC + Milagro 040 SC i Titus 25 WG + Banvel 480 SL z adiuwantem aplikowane systemem dzielenia dawek zarówno zalecanych, jak i obniżonych nawet o 50%. Pozytywne wyniki uzyskane z doświadczeń dają podstawę do propagowania badań nad obniżaniem dawek herbicydowych na plantacjach o niskim nasileniu zachwaszczenia, na co wskazują również prace innych autorów (Domaradzki 2006).

Na glebach brunatnych notowano nieliczne występowanie chwastnicy jednostronnej i włośnicy zielonej, duże nasilenie komosy białej i szarlatu szorstkiego oraz pojedyncze egzemplarze bylicy pospolitej. W sytuacji małego nasilenia gatunków jednoliściennych możliwość uzyskania zadowalającego efektu chwastobójczego z zastosowaniem herbicydów w obniżonych dawkach sprawdziła się jedynie w przypadku Callisto 100 SC, natomiast najefektywniejsze w niszczeniu tych gatunków okazały się mieszaniny Callisto 100 SC + Milagro 040 SC i Titus 25 WG + Banvel 480 SL z adiuwantem użyte nawet w dawkach o 33% niższych niż zalecane.

Na glebie płowej dominowały gatunki jednoliścienne: chwastnica jednostronna i włośnica zielona oraz perz właściwy, a także w mniejszym nasileniu dwuliścienne reprezentowane przez: komosę białą, fiołka polnego, tasznika pospolitego, chabra bławatka oraz bylicę pospolitą i przetacznik perski. Aplikacja mieszaniny herbicydów Titus 25 WG + Banvel 480 SL z adiuwantem Trend 90 EC eliminowała większość występujących gatunków chwastów, okazując się najbardziej efektywnym rozwiązaniem na tego typu glebie. Jedynie perz właściwy, licznie występujący w doświadczeniu, był średnio wrażliwy, podobnie jak formy ozime bylicy pospolitej i przetacznika perskiego. Natomiast nie sprawdziła się chemiczna ochrona przed zachwaszczeniem z użyciem herbicydów w dawkach zredukowanych o 33 i 50%.

5.3. PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA CHEMICZNYCH METOD REGULACJI ZACHWASZCZENIA

W uprawie kukurydzy przez wiele lat zalecano środki ochrony roślin, które oprócz chwastobójczego działania wykazywały również niekorzystny wpływ na środowisko lub mogły wywierać fitotoksyczne działanie na rośliny następcze (Gołębiowska 2008). Dlatego na mocy decyzji Krajów Wspólnoty Europejskiej opracowano dyrektywę Parlamentu Europejskiego 91/414/EWG w ramach obowiązującej od 2003 roku ustawy o ochronie roślin zmierzającą do wyeliminowania lub maksymalnego ograniczenia stosowania substancji niekorzystnie wpływających na środowisko rolnicze (Rozp. Min. Zdr. 2004). Wszystkie te działania doprowadziły w 2007 roku do znacznego ograniczenia listy stosowanych substancji aktywnych w ochronie roślin (Rozp. MRiRW 2004).

W najbliższej przyszłości wykorzystywanie herbicydów do eliminacji i ograniczenia zachwaszczenia będzie jednak nadal najbardziej skutecznym i szybkim sposobem utrzymania plantacji wolnej od chwastów i pozostanie nieodzownym elementem agrotechniki. W 2011 roku wchodzi w życie nowe przepisy Unii Europejskiej regulujące wprowadzanie do obrotu środków ochrony roślin: rozporządzenie

Parlamentu Europejskiego i Rady 1107/2009 uchylające dyrektywę 91/414/EWG oraz dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE ustanawiające ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania, rejestracji i obrotu środków ochrony roślin w ramach trzech stref współpracy (północnej, centralnej i południowej) (Surawska i Rzeźnicki 2010).

W strefie centralnej znajomość specyfiki polskiego rolnictwa, w tym bioróżnorodności zbiorowisk chwastów towarzyszących roślinom uprawnym będzie stanowić dla firm chemicznych ważny element w programach ochrony roślin przed zachwaszczeniem i w rejestracji herbicydów.

Założenia do nowej ustawy o ochronie roślin spełniające wymagania rolnictwa zrównoważonego będą w dużej mierze wymuszały opracowanie chemicznych systemów odchwaszczania z wykorzystaniem do niezbędnego minimum dawek środków ochrony roślin wspomaganym dodatkiem różnych substancji: adiuwantów, sejfnerów, synergentów poprawiających ich skuteczność (Smith i Sankula 2002), co jest już prowadzone w wielu ośrodkach badawczych (Gerhards i in. 2002, Woźnica 2003, Contiero 2005, Hamouz i in. 2005, Domaradzki 2006).

W przypadku niskiego poziomu zachwaszczenia i podjęcia decyzji o aplikacji obniżonych dawek herbicydów zachodzi konieczność zabezpieczenia się przed niekorzystnymi czynnikami wpływającymi na ich działanie poprzez dodatek adiuwantów. W konsekwencji można spodziewać się poprawy skuteczności środków chwastobójczych stosowanych nawet w obniżonych dawkach oraz stabilizacji ich działania w niesprzyjających warunkach pogodowych (Skrzypczak i in. 1995, Kapusta i in. 1996, Nalewaja i in. 1998).

Przykładem tego kierunku badań była ocena zalecanych w praktyce rolniczej herbicydów Callisto 100 SC i Milagro 040 SC testowanych w warunkach szklarniowych w obniżonych dawkach i w celu osiągnięcia lepszej efektywności chwastobójczej łączenie ich z adiuwantami Actirob 842 EC i Atpolan 80 EC. W przypadku niskiego zachwaszczenia chwastnicą jednostronną, komosą białą i szarłatem szorstkim stosowanie obniżonych dawek herbicydów dało pozytywne rezultaty w sytuacji stosowania ich z adiuwantami we wczesnych fazach rozwojowych rośliny uprawnej.

Łączne stosowanie herbicydu Callisto 100 SC ze wspomogaczem Atpolan 80 EC istotnie wpłynęło na zwiększenie skuteczności tego herbicydu w stosunku do komosy białej i szarłatu szorstkiego w przypadku wprowadzenia dawek obniżonych i było efektywniejsze w porównaniu ze stosowaniem tego herbicydu z adiuwantem Actirob 842 EC. Natomiast wrażliwość chwastnicy jednostronnej i szarłatu szorstkiego na działanie herbicydu Milagro 040 SC aplikowanego w dawkach obniżonych została wykazana bez względu na dodatek któregośkolwiek ze wspomogaczy. Najwyższą efektywność niszczenia tych gatunków uzyskano po zastosowaniu mieszaniny Milagro 040 SC + Callisto 100 SC, a wybrane do badań adiuwanty działały podobnie. W przypadku przytuli czepnej najlepszy efekt niszczenia uzyskano po zastosowaniu herbicydów w pełnej dawce z dodatkiem adiuwantów oraz mieszaniny herbicydów w dawkach obniżonych z adiuwantem Actirob 842 EC.

W dobie powszechnej globalizacji rolnictwa wzrasta zagrożenie przenikania obcych gatunków inwazyjnych na obszary, na których dotąd ich nie spotykano. Szkodliwość ich w dużej mierze wynika z wysokiej siły konkurencyjnej i łatwego znajdowania dla siebie niszy ekologicznej w danym siedlisku, co przy ocieplającym się klimacie może stanowić potencjalne zagrożenie dla upraw rolniczych. Przykładem tego może być pojawianie się ambrozji bylicolistnej i zaślazu pospolitego w uprawie kukurydzy (Miklaszewska i Pałowska 2007, Fumanal i in. 2008, Domaradzki i in. 2008). Z badań prowadzonych przez Domaradzkiego i in. (2008) wynika, że spośród preparatów przeznaczonych do odchwaszczania kukurydzy najwyższą skuteczność w zwalczaniu zaślazu pospolitego uzyskano, stosując Callisto 100 SC lub Maister 310 WG z adiuwantem Actirob 842 EC.

Odchodzenie od kosztownych i energochłonnych systemów płużnych oraz tradycyjnego płodozmianu na rzecz systemów uproszczonych w coraz większym stopniu będzie determinować wybór skutecznej i opłacalnej metody odchwaszczania (Rola i Rola 1995b, Gołębiowska i Rola 2006). Nowe techniki uprawowe, zwłaszcza siew bezpośredni, wywierają duży wpływ na zmieniające się zachwaszczenie, stwarzają sprzyjające warunki dla przenikania z terenów ruderalnych do upraw rolniczych gatunków dotąd niespotykanych, jak np. bylica pospolita (Lipa 2005). Błędy wynikające ze źle dobranych herbicydów do stanu i stopnia zachwaszczenia oraz fazy rozwojowej chwastów mogą szybko prowadzić do jej kompensacji i stać się zagrożeniem dla równowagi ekologicznej (Holst i in. 2007).

Na glebie płowej, gdzie dominowały gatunki jednoliścienne, a wśród dwuliściennych notowano obecność bylicy pospolitej często z formami ozimymi aplikacja mieszaniny herbicydów Titus 25 WG + Banvel 480 SL z adiuwantem Trend 90 EC eliminowała większość występujących gatunków, jednak była nieskuteczna w stosunku do tego ekspansywnego gatunku.

W tej sytuacji w najbliższym czasie o skuteczności metod regulacji zachwaszczenia będzie decydować znajomość ciągłych zmian zachodzących w zbiorowiskach flory segetalnej pod wpływem czynników biotycznych, abiotycznych czy ekologicznych, prowadzenie stałego monitoringu występowania chwastów w uprawach rolniczych, ocena konkurencyjnego zagrożenia gatunków obcego pochodzenia oraz optymalizacja dawek herbicydów dobranych do stanu zachwaszczenia.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Lista florystyczna zbiorowisk chwastów towarzyszących uprawom kukurydzy w rejonie Dolnego Śląska opracowana na podstawie obserwacji prowadzonych w latach 2002–2008 w porównaniu z wynikami badań Zespołu ds. Rejonizacji Chwastów opracowanymi za lata 1972–1991 uległa zmianom zarówno ilościowym, jak i jakościowym. Wzrósł udział gatunków ciepłolubnych, zwłaszcza psianki czarnej oraz gatunków towarzyszących dotąd uprawom zbóż, jak przy-

- tulia czepna, zaś uproszczenia uprawowe przyczyniły się do liczego pojawiania się bylicy pospolitej.
2. Na trzech typach gleb (czarne ziemie, gleby brunatne, gleby płowe) w uprawie kukurydzy dominowały komosa biała i chwastnica jednostronna. Jednak w stosunku do wcześniejszych badań pokrycie gleby tymi gatunkami było niższe. Obserwowano również duży udział taksonów ciepłolubnych późnoshodzących, jak: włośnica zielona, szarłat szorstki, psianka czarna, blekot pospolity, lulek czarny oraz towarzyszących dotąd uprawom zbóż, jak: przytulia czepna i palusznik krwawy.
 3. Uproszczenia uprawowe, a zwłaszcza siew bezpośredni przyczyniły się do zubożenia listy florystycznej tej agrocenozy, dominacji gatunków ekspansywnych oraz pojawienia się chwastów wieloletnich, takich jak: bylica pospolita i perz właściwy.
 4. Analizy log-liniowa i korespondencji wykazały znaczną zmienność nasilenia zachwaszczenia. W latach badań stwierdzono największą liczebność gatunków chwastów w gospodarstwach małych 5–15 ha na glebach płowych, a najmniejszą w gospodarstwach dużych ponad 25 ha na czarnych ziemiach. W różnicowaniu liczebności chwastów występujących na czarnych ziemiach większy wpływ miała powierzchnia gospodarstwa niż stanowisko glebowe. Natomiast na glebach płowych stwierdzono zależność odwrotną.
 5. Na żyznych czarnych ziemiach w warunkach intensywnego gospodarowania opartego na płużnym systemie uprawowym możliwa jest wysoka skuteczność niszczenia chwastów jedno- i dwuliściennych herbicydami Titus 25 WG z adiuwantem Trend 90 EC oraz Milagro 040 SC w dawkach obniżonych o 33% oraz tylko dwuliściennych po użyciu Callisto 100 SC nawet po zastosowaniu dawki obniżonej o 50%. Najwyższe działanie chwastobójcze wykazały mieszaniny herbicydów Callisto 100 SC + Milagro 040 SC oraz Titus 25 WG z adiuwantem Trend 90 EC+ Banvel 480 SL aplikowane systemem dawek dzielonych w pełnym i obniżonym zakresie.
 6. Na glebach brunatnych notowano niewielkie nasilenie chwastnicy jednostronnej i włośnicy zielonej, dość duże komosy białej, szarłatu szorstkiego oraz obecność bylicy pospolitej. W przypadku samodzielnie stosowanych herbicydów oraz w sytuacji małego nasilenia gatunków jednoliściennych w ich niszczeniu najlepiej sprawdził się system obniżonych dawek z zastosowaniem herbicydu Callisto 100 SC oraz mieszanina herbicydów Callisto 100 SC + Milagro 040 SC w dawkach obniżonych o 33%.
 7. Zbiorowisko chwastów występujące na glebach płowych składało się głównie z chwastnicy jednostronnej, włośnicy zielonej, perzu właściwego, komosy białej, fiołka polnego oraz bylicy pospolitej i przetacznika perskiego występującego często z formami ozimymi. System dawek dzielonych z użyciem mieszaniny Titus 25 WG z adiuwantem Trend 90 EC + Banvel 480 SL w pełnych dawkach okazał się najbardziej skutecznym sposobem eliminowania tego zbiorowiska

chwastów, nawet po zredukowaniu dawki o 33%. Nie sprawdziła się natomiast aplikacja samodzielnie stosowanych herbicydów w dawkach obniżonych.

8. W podjęciu decyzji o zastosowaniu obniżonych dawek herbicydów pomocne było wyznaczenie optymalnych terminów usuwania chwastów dominujących w zależności od ich nasilenia i fazy rozwojowej kukurydzy. Spośród trzech gatunków chwastów, których konkurencyjne oddziaływanie w łanie kukurydzy oceniano w doświadczeniu mikropoletkowym, najbardziej niekorzystny wpływ na wegetację kukurydzy wywarła obecność komosy białej. Siła konkurencji tego gatunku była największa, a kukurydza wymagała czystego stanowiska od fazy 3 liści do stadium wzrostu jej łodyg, tj. BBCH 13–34.
9. Łączne stosowanie herbicydów Callisto 100 SC ze wspomagaczem Atpolan 80 EC istotnie wpłynęło na zwiększenie skuteczności niszczenia komosy białej i szarłatu szorstkiego w przypadku wprowadzenia dawek obniżonych i było efektywniejsze w porównaniu do jego mieszaniny z adiuwantem Actirob 842 EC. Natomiast wrażliwość chwastnicy jednostronnej i szarłatu szorstkiego na działanie herbicydu Milagro 040 SC aplikowanego w dawkach obniżonych została wykazana bez względu na dodatek któregośkolwiek z badanych wspomagaczy.
10. Najwyższą efektywność niszczenia komosy białej i szarłatu szorstkiego uzyskano po zastosowaniu mieszaniny herbicydów Milagro 040 SC + Callisto 100 SC z adiuwantem Actirob 842 EC lub Atpolan 80 EC. W przypadku przytulii czepnej najlepszy efekt niszczenia uzyskano po zastosowaniu herbicydów Milagro 040 SC i Callisto 100 SC w pełnej dawce z dodatkiem adiuwantów oraz mieszaniny tych herbicydów w dawkach obniżonych z dodatkiem adiuwanta Actirob 842 EC.

7. LITERATURA

1. A d a m c z e w s k i K., D o b r z a ń s k i A.: Regulowanie zachwaszczenia w integrowanych programach uprawy roślin. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 1997, **37(1)**: 58-65.
2. A d a m c z e w s k i K., P r a c z y k T., P e r c z a k J.: Wyniki 17-letnich obserwacji nad zachwaszczeniem pól uprawnych. Materiały z Sympozjum „Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych”, Wrocław 25–26 czerwca, 1987, 115-123.
3. A d a m c z e w s k i K., P r a c z y k T., S t a c h e c k i S.: Wpływ opadów atmosferycznych i temperatury powietrza na występowanie niektórych gatunków chwastów oraz ich konkurencyjność w stosunku do rośliny uprawnej. *Mat. XVII Kraj. Konf. Nauk. „Przyczyny i źródła zachwaszczenia pól uprawnych”*. Wyd. ART Olsztyn, 1994, 109-116.
4. A d a m c z y k J., R o g a c k i J., C y g e r t H.: Czynniki ograniczające plonowanie kukurydzy w okresie wegetacji. *Pam. Puł.*, 2004, **140**: 127-136.
5. A l b r e c h t H.: Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. *Weed Res.*, 2005, **45(5)**: 339-350.
6. A l d r i c h R.J.: Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. Podstawy zwalczania chwastów. Wyd. Towarzystwo Chemii i Inżynierii Ekologicznej, Opole, 1997, 461.
7. A m m o n H.U., B o h r e n C., S c h e r r e r C., W a l d b u r g e r M.: Four maize cropping systems 1990 to 1993. Yields with ground cover controlled mechanically or chemically. *Agrarforschung*, 1995, **29**: 376-379.
8. A r s h a d M.A., G i l l K.S., C o y G.R.: Wheat yield and weed population as influenced by three tillage systems on a clay soil in temperate continental climate. *Soil Till. Res.*, 1994, **28**: 227-238.
9. A u š k a l n i e ņ O.: The critical period of weed competition in spring barley and maize crops. Piktžolių konkurencijos kritinis periodas kukurūzų ir vasarinių miežių agrocenožėse. *Vagos*, 2006, **71**: 7-12.
10. B a l c e r k i e w i c z S., S ł a w n i k o w s k i O.: Profit 2.0. Pakiet programów komputerowych do analiz geobotanicznych. Profit s.c., Poznań, 1998.
11. B a n a s z a k J., W i ś n i e w s k i H.: Podstawy ekologii. Ekologia biocenoz – Podstawowe metody badania struktury i funkcjonowania biocenoz. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2003, **6.4**: 232-246.
12. B e u l k e S., M a l k o m e s H.P.: Abbau der Herbizide Ethofumesat und Metazachlor in Böden mit unterschiedlichen C_{org.}-Gehalten. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 1996, Sonderheft **XV**: 609-618.
13. B i n t s a n g a - M a l o u n g u i d i P.: Maize Weed Communities – Study of the Changes Taking Place Under the Influence of Agrotechnical Factors and Weather Conditions. AR Kraków, 1999, 148.
14. B l e c h a r c z y k A., M a ł e c k a I., S k r z y p c z a k G.: Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie kukurydzy oraz na właściwości gleby. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2004, **3(1)**: 157-163.
15. B o c h e n e k A.: Ekofizjologiczne uwarunkowania dynamiki glebowego banku nasion chwastów. *Post. Nauk Rol.*, 2002, **6/276**: 83-100.
16. B o c h e n e k A.: Wpływ czynników biotycznych i zabiegów uprawowych na glebowy bank nasion chwastów. *Post. Nauk Rol.*, 2004, **2/284**: 19-29.

17. B o c h e n e k A., H o ł d y ń s k i Cz.: Ekofizjologiczne uwarunkowania żywotności i wigoru diaspor *Echinochloa crus – galli* (L.) Beauv. w różnych agrocenozach. Mat. Ogólnopolskiej Konf. Kraków, 23–25 XI 1995, Wyd. Zakładu Fizjologii Roślin PAN, Kraków, 1996, 213-219.
18. B o g d a n I.: The summer rainfall impact to the weediest degree in maize crops. *Agricultura-Revistă de știință și practică agricolă*, 2002, **11(3/4)**: 18-23.
19. B o r o w i e c S.: Roślinność segetalna jako bioindykatory. W: *Rośliny segetalne, bioindykacja – chronologia, zmienność*, J. Ratuszniak (red.), Wyd. PAP, Słupsk, 2003, 7-11.
20. B o r o w i e c S., K u t y n a I., P a w l u s M.: Wpływ następczy herbicydów oraz roślin uprawnych i gleby na wartość średnich liczb wilgotności, odczynu, zasobności w azot i aktywności biologicznej gleby, wyliczonej metodą Ellenberga. *Zesz. Nauk WSR w Szczecinie*, 1970, **34**: 15-27.
21. B u h l e r D.D., K i n g R.P., S w i n t o n S.M., G u n s o l u s J.L., F o r c e l l a F.: Field evaluation of a bioeconomic model for weed management in corn (*Zea mays* L.). *Weed Sci.*, 1996, **44**: 481-493.
22. B u r t o n M.G., M o r t e n s e n D.A., L i n d q u i s t J.L.: Effect of cultivation and within-field differences in soil conditions on feral *Helianthus annuus* growth in ridge-tillage maize. *Soil & Tillage Res.*, 2006, **88(1/2)**: 8-15.
23. C a l l e n s D., B u l c k e R.: Discussion of results obtained by the Centre for Weed Research (Gent) in the cropping year 1992–1993. *Mededeling van het Centrum - voor - Onkruidonderzoek, Gent.*, 1994, **58**: 154-162.
24. C a r d i n i a J., H e r m s C.O., D o o h a n D.J.: Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Sci.*, 2002, **50(4)**: 448-460.
25. C a r t e r M.R., S a n d e r s o n J.B., I v a n y J.A., W h i t e R.P.: Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada. *Soil & Tillage Res.*, 2002, **67**: 85-98.
26. C h r i s t e n s e n S.: Herbicide dose adjustment and crop weed competition. *The BCPC Conference: Weeds*, 1993, **13**: 1217-1222.
27. C o n t i e r o R.L.: Efficiency of the sulfonylureas herbicides group to control weeds in corn plantations. Eficacia de herbicidas do grupo das sulfonilureias no controle de plantas daninhas na cultura do milho. *Rev. Cienc. Agron.*, 2005, **36(3)**: 333-337.
28. C r e m e r J., B e e s t e r m ö l l e r H., S c h u t z l e r K.: Zum derzeitigen Stand der Feldversuche mit Glufosinat-ammonium in glufosinat-verträglichen Kulturen. *Z. Pfl.Krankh. Pfl.Schutz*, 1996, Sonderheft **XV**: 173-179.
29. C z a r n e c k a B.: Strategie adaptacyjne roślin a skład gatunkowy fitocenoz. *Wiad. Bot.*, 1997, **41**: 33-42.
30. D a w s o n J.H.: The concept of period threshold. *Proc. EWRS Symposium, Economic Weed Control*, 1986, 327-355.
31. D e r y ł o S., S z y m a n k i e w i c z K.: Zmiany w zachwaszczeniu pszenicy ozimej uprawianej w płodozmianach o narastającym udziale zbóż. *Zesz. Nauk. ART Bydgoszcz. Rolnictwo* 196, 1996, **38**: 129-135.
32. D o g a n M.N., Ü n a y A., B o z Ö., A l b a y F.: Determination of optimum weed control timing in maize. (*Zea mays* L.). *Turk. J. Agric. For.*, 2004, **28(5)**: 349-354.
33. D o m a r a d z k i K.: Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczania dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych. *Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB Puławy*, 2006, **17**: 1-111.

34. Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T.: Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia polowe. IUNG Puławy, 2001, 1-167.
35. Domaradzki K., Rola H.: Wpływ długotrwałej uprawy roślin zbożowych na dynamikę zachwaszczenia pola. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2002, **42**: 228-233.
36. Domaradzki K., Snopczyński T., Jezierska-Domaradzka A.: *Abutilon theophrasti* Medik., nowy groźny chwast upraw polowych – charakterystyka, występowanie i możliwości zwalczania. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2008, **48**: 563-566.
37. Dubas A.: Uprawa kukurydzy w Polsce na przełomie XX i XXI wieku – dokonania nauki i praktyki. Mat. Konf. Nauk. „Stan obecny i perspektywy uprawy kukurydzy w Polsce”. IUNG Puławy, 2004, 3-5.
38. Duer I., Feledyn-Szewczyk B.: Interakcja systemu produkcji ze składem gatunkowym chwastów i glebowym bankiem nasion w pszenicy ozimej. Rocz. Nauk Rol., 2000, **115**: 109-130.
39. Dycker J., Rux S., Knechtges H.: Direktsaat in semiariden Klimaten. Landtechnik, 1992, **47(7/8)**: 323-327.
40. Dyrektywa Rady z dn. 15 lipca 1991 roku dotycząca wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin nr 91/414/EWG.
41. Dzieńcia S., Piskier T., Wereszczaka J.: Wpływ systemów uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie pszenicy ozimej. Rocz. Nauk Rol., 1998, **(1-2)**: 37-42.
42. Dzieńcia S., Romek B., Wrzesińska E.: Agroekologiczne podstawy produkcji roślinnej. Szczecin, 1999, 78-81.
43. Dzieżyc J., Nowak L., Panek K.: Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1987, **314**: 11-33.
44. Egley H., Williams E.: Emergence periodicity of six summer annual weed species. Weed Sci., 1991, **39**: 595-600.
45. EPPO-European and Mediteranean Plant Protection Organization. Biuletin, No. 135, 152, 181, 214, 1998, 50.
46. Falińska K., Jankowska-Błaszczuk M., Szydłowska J.: Bank nasion w glebie a dynamika roślinności. Wiad. Bot., 1994, **38(1/2)**: 35-46.
47. Feledyn-Szewczyk B., Duer I.: Oddziaływanie systemu produkcji na glebowy bank nasion. Pam. Puł., 2004, **138**: 19-33.
48. Fernandez-Quintanilla C.: Studing the population dynamics of weeds. Weed Res., 1988, **28**: 443-447.
49. Frantic T.: Interference of *Chenopodium sueticum*/J. Murr and *Amaranthus retroflexus* L. in maize. Weed Res., 1994, **34**: 45-53.
50. Fried G., Bombarde M., Delos M., Gasquez J., Reboud X.: Changes in arable field flora through the last 30 years in France. Évolution de la flore du mad's: mauvaises herbes, ce qui a changé en 30 ans. Phytoma, 2005, **586**: 47-51.
51. Fumanal B., Girod C., Fried G., Bretagnolle F., Chauvel B.: Can the large ecological amplitude of *Ambrosia artemisiifolia* explain its invasive success in France? Weed Res., 2008, **48(4)**: 349-359.
52. Gerhards R., Sökefeld M., Timmermann C., Kühbauch W.: Site-specific weed control in maize, sugar beet, winter wheat, and winter barley. Precis. Agric., 2002, **3**: 25-35.

53. G h e r s a C.M., H o l t J.S.: Using phenology prediction in weed management: a review. *Weed Res.*, 1995, **35**: 461-470.
54. G i e r c z y k T., R o l a H., D o m a r a d z k i K.: Wpływ technologii uprawy kukurydzy na stan zachwaszczenia i plonowania. IX Międzynarodowe Symp. „Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej”, Warszawa 19–20 września 2002, 2003, 131-138.
55. Główny Urząd Statystyczny (GUS): Rocznik Statystyczny. Warszawa, 2009.
56. G o ł ę b i o w s k a H., R o l a H.: Efficacy of selected chemical weed control systems in maize. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 2006, Sonderheft **XX**: 837-843.
57. G o ł ę b i o w s k a H., R o l a H., G i e r c z y k T.: Dynamika zachwaszczenia kukurydzy uprawianej w monokulturze na przestrzeni lat 1998–2003. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2004, **44(1)**: 91-98.
58. G o ł ę b i o w s k a H.: Wpływ sposobu aplikacji herbicydów na poziom zachwaszczenia wtórnego w kukurydzy. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2006, **46(2)**: 265-268.
59. G o ł ę b i o w s k a H.: Bioróżnorodność zachwaszczenia w kukurydzy oraz chemiczne sposoby jego zwalczania. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2007a, **47(3)**: 96-107.
60. G o ł ę b i o w s k a H.: Zagrożenie występowania *Polygonum convolvulus*, *Polygonum persicaria* i *Polygonum aviculare* w uprawie kukurydzy oraz dobór chemicznej metody regulacji zachwaszczenia. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2007b, **47(3)**: 108-112.
61. G o ł ę b i o w s k a H.: The problems of weed management by herbicide systems applied in maize. *J. Plant Protec. Ras.*, 2008, **48(1)**: 119-128.
62. G o o d m a n L.A.: Analysing qualitative/categorical Data: log-linear models and latent structure analysis. Cambridge, Mass.: Abt. Associates Inc., 1978, 471.
63. G ó r s k i T., Z a l i w s k i A.: Model agroklimatu Polski. *Pam. Puł.*, 2002, **130/1**: 251-260.
64. G r e e n a c r e C.L.: Theory and applications of correspondence analysis. Academic Press, London, 1984, 364.
65. G r u b e r S., P e k r u n C., C l a u p e i n W.: Reducing oilseed rape (*Brassica napus*) volunteers by selecting genotypes with low seed persistence. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 2004, Sonderheft **XIX**: 151-159.
66. G r u n d y A.C., J o n e s N.E.: What is the weed seed bank? In: *Weed management handbook*, R.E.L. Naylor (ed.), Oxford, UK, Blackwell Science, 2002, **9**: 39-62.
67. H a m o u z P., N o v a k o v a K., H o l e c J., S o u k u p J.: Weed mapping for precision weed control. *Herbologia*, 2005, **6(3)**: 9-16.
68. H a r v e y R.G., A l b r i g h t J.W., A n t h o n T.M., K u t i l T.M.: Postemergence broadleaf weed control in field corn study. *North Cent. Weed Sci, Soc. Res. Rep.*, 1993, **50**: 192-194.
69. H i l l M.O.: Correspondence analysis: a neglected multivariate method. *Appl. Statist.*, 1974, **23**: 340-354.
70. H o l s t N., R a s m u s s e n I.A., B a s t i a a n s L.: Field weed population dynamics: a review of model approaches and applications. *Weed Res.*, 2007, **47(1)**: 1-14.
71. H o m m e l B., P a l l u t B.: Bewertung von Glufosinat-resistenten Durchwuchsrap im Rahmen der Fruchtfolge. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 2004, Sonderheft **XIX**: 887-894.
72. H u r l e K., M a i e r J., A m a n n A., W e i s h a a r T., M o z e r B., P u l c h e r - H a u s l i n g M.: Auswirkungen unterlassener Pflanzenschutz und Dungungsmassnahmen auf die Unkrautflora-Erste Ergebnisse aus einen mehrjährig Versuchsprogramm. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 1988, Sonderheft **XI**: 175-187.
73. H u r s t H.R.: Johnsongrass control in corn with and without preplant tillage. *MAFES Bull.*, 1991, **980**: 1-8.

74. James T.K., Rahman A., Webster T., Waller J.: Emergence of weeds as affected by vertical seed distribution in arable soil. *New. Zel. Plant Protect.*, 2002, **55**: 213-217.
75. Jordan I.V.: Long Ashton low input farming and environment (LA.LIFE). *Schweiz. Landw. For.*, 1990, **29(4)**: 389-391.
76. Kapusta G., Krausz R.F., Khan M., Matthews J.L.: Effect of nicosulfuron rate, adjuvant and weed size on annual weed control in corn (*Zea mays*). *Weed Technol.*, 1996, **8**: 696-702.
77. Kazinczi G., Horvath J., Takacs A., Nadasy M.: Crop-weed competition between maize (*Zea mays L.*) and *Convolvulus arvensis L.* in substitutive experiments. *Cereal Res. Commun.*, 2006, **34,1(II)**: 541-544.
78. Kempenaar C., Groeneveld R.M.W., Uffing A.J.M., Van der Veide, Wevers J.: New insights and developments in the MLHD concept of weed control. *Proceedings of the 12th EWRS Symposium, Wageningen, The Netherlands, 2002*, 216-217.
79. Kikugawa H., Yoshii H.: Nicosulfuron, SL-950 – a novel sulfonylurea herbicide for use in corn. *Agrochemicals-Japan*, 1997, **70**: 18-20.
80. Klümper H., Gerhards R., Kühbauch H.: Einfluss des Lichtes auf die Keimung von Unkraut. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 1996, Sonderheft **15**: 71-73.
81. Korczyński M., Jasssem M.: Ekspansywne chwasty-autopoliploidy czy amfidiploidalne mieszańce? XVIII Konferencja „Ekspansywne chwasty segetalne”, Bydgoszcz 1995, *Zeszyty Naukowe Nr 196. Rolnictwo*, 1996, 9-17.
82. Kordas L., Parylak D.: Wpływ następczy zróżnicowanej agrotechniki buraka cukrowego na zachwaszczenia pszenicy ozimej uprawianej techniką siewu bezpośredniego. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 1998, **38(2)**: 684-687.
83. Kozyra J.: Climatic conditions for millet cultivation in Poland. *WMO – CagM Report, Geneva*, 2004, **94**: 34-35.
84. Krasowicz S., Kopyński J.: Wpływ warunków przyrodniczych i organizacyjno-ekonomicznych na regionalne zróżnicowanie rolnictwa w Polsce. *Raporty IUNG-PIB Puławy*, 2006, 81-100.
85. Krasowicz S.: Produkcja roślinna na ziemiach polskich w XIX i XX w. *Pam. Puł.*, 2001, **130**: 11-31.
86. Kurpińska A., Buk B.: Porównawcze badania metod określania zasobności naturalnych stanowisk roślin leczniczych na przykładzie *Centaureum umbellatum* Gilib. i *Helichrysum arena-rium* (L.) Moench. *Herba Pol.*, 1978, **24**: 49.
87. Kuś J., Stalenga J.: Perspektywy rozwoju różnych systemów produkcji rolniczej w Polsce. *Biul. IHAR*, 2006, **242**: 15-19.
88. Kuś J.: Plonowanie roślin w systemie ekologicznym, integrowanym i konwencjonalnym. W: *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG-PIB Puławy*, 2005, **2**: 37-46.
89. Kuś J.: Plonowanie wybranych gatunków roślin w różnych systemach produkcji. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 2003, **89**: 7-17.
90. Kuś J.: Wstępne porównanie trzech systemów produkcji roślinnej (konwencjonalny, integrowany i ekologiczny). *Rocz. AR w Poznaniu*, 2006, **CCCVII**: 119-126.
91. Kuzniewski E.: Występowanie wybranych gatunków chwastów w uprawach rolniczych (1976–1989). *Makroregion południowo-zachodni. Wyd. IUNG Puławy*, 1988, **220(2)**: 4-7.
92. Kwiatkowska - Anioł J.: Ginące i rzadkie gatunki segetalne na Wale Trzebnickim. *Acta Univ. Lodz. Folia Bot.*, 1998, **13**: 169-176.

93. L a t o w s k i K.: Problem pospolitych chwastów segetalnych. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2002, **42(1)**: 392-399
94. L a t o w s k i K., C z a r n a A., V e l d e -G a b r y c h E.: Florystyczne cechy zachwaszczenia wtórnego upraw buraka i ziemniaka na przykładzie wybranych regionów zachodniej Polski. XXI Krajowa Konferencja Naukowa z cyklu „Rejonizacja chwastów segetalnych w Polsce – Zachwaszczenie wtórne roślin okopowych i ściernisk”. Wrocław, 22–23 września, Wyd. IUNG Puławy, 1997, 23-35.
95. L e g u i z a m o n E.S., F e r n a n d e z - Q u i n a i l l a G., B a r r o s o J., G o n z a l e z - A n d u j a r J.L.: Using thermal nad hydrothermal time to model seedling emergence of *Avena sterilis* ssp. *Ludoviciana* in Spain. Weed Res., 2004, **45**: 149-156.
96. L e m e r l e D., M a r t i n A., S m i t h A., V e r b e e k B., R u d d S., M a r t i n P.: Breeding for competitive cultivars of wheat. III International Weed Science Congress – IWSC FOZ DO IGUASSU – Brazil, 2000, **11**: 75-78.
97. L i p a J.: Globalny program inwazyjnych gatunków obcych a ochrona roślin, Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45(1)**: 248-245.
98. L u t m a n P.J.W.: Estimation of seed production by *Stellaria media*, *Sinapis arvensis*, *Tripleurospermum inodorum* in arable crops. Weed Res., 2002, **42(5)**: 359-369.
99. Ł ę g o w i a k Z., K u r z e j a G., L e s k a L., D o m a ń s k a H.: Wpływ zmianowania na zachwaszczenie pól. Mat. Symp. „Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych”, Wyd. IUNG, Wrocław, 1987, 48-57.
100. M a r k o v M.: Agrofitecologia – nauka o zbiorowiskach roślinnych pól uprawnych. Agrofitecologija: nauka o polevyh rastitel'nyh soobšč. PWRiL Warszawa, 1978, 181-244.
101. M a r s h a l l E.J.P., B r o w n V.K., B o a t m a n N.D., L u t m a n P.J.W., S q u i r e G.R., W a r d L.K.: The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Res., 2003, **43(2)**: 77-89.
102. M a t u s z k i e w i c z W.: Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN. Vademecum geobotanicum, Warszawa, 2001, 158-187.
103. M a t y j a s z c z y k E.: Changes on the market of plant protection products in Poland resulting from implementation of European Union regulations to Polish law. Pestycydy/Pesticides, 2007, **(1–2)**: 5-14.
104. M e l a n d e r B., R a s m u s s e n I.A., B a r b i e r i P.: Integrating physical and cultural methods of weed control – examples from European research. Weed Sci., 2005, **53**: 369-381.
105. M e r t h e n s J.; S c h u l t e M., H u r l e K.: Weed flora in maize: results of a monitoring in Germany. Gesunde Pflanzen, 2005, **57(8)**: 205-218.
106. M i c h a l s k i T., S u l e w s k a H., W a l i g ó r a H., D u b a s A.: Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe. Roczn. Nauk Rol., 1996, 71-75.
107. M i k l a s z e w s k a K., P a g o w s k a E.: Problem roślinnych gatunków inwazyjnych w Polsce. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2007, **47(1)**: 84-87.
108. M i r e k Z.: Poradnik ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2004, **1-9**: 56-72.
109. M i r e k Z., P i ę k o ś - M i r e k H., Z a j ą c A., Z a j ą c M.: Vascular Plants of Poland. A checklist. Polish Bot. Studies. Guidebook Series, 1995, **15**: 1-303.
110. M o h l e r C.L., F r i s c h J.C., M e C u l l o c h C.E.: Vertical movement of weed seed surrogates by tillage implements and natural processes. Soil Till. Res., 2006, **86(1)**: 110-122.
111. M o h l e r C.L.: A model of the effects of tillage on emergence of weed seedlings. Ecol. Appl., 1993, **3**: 53-73.

112. Momirovic N., Stankovic R., Skrbic N., Sinzar B., Jovanovic B.: Effect of tillage systems and herbicide application on the weediness and yield of maize. *Pesticidi*, 1997, **12(2)**: 103-109.
113. Nalewaja J.D., Praczyk T., Matysiak R.: Nitrogen fertilizer, oil and adjuvants with nicosulfuron. *Weed Technol.*, 1998, **12**: 585- 589.
114. Nolting H.G.: Wirkung mit minimierten Dosierungen (Grenzaufwandversuche)-4. Hinweis zum Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel-Z4. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes.*, 2001, **53**: 286-287.
115. Opic J.: Wpływ głębokości orki i siewu bezpośredniego na liczbę nasion chwastów w glebie. *Rocz. Nauk Rol.*, 1998, Seria A, **112(1-2)**: 110-121.
116. Otto S., Masin R., Chiste G., Zanin G.: Modelling the correlation between plant phenology and weed emergence for improving weed control. *Weed Res.*, 2005, **45(6)**: 149-156.
117. Pallut B.: Langzeitwirkungen reduzierter Herbizidanwendung und Stickstoffdüngung auf Populationsdynamik und Konkurrenz von Unkraut in Getriebe. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 2002, Sonderheft **XVIII**: 293-304.
118. Palm H., Liang P.H., Fuesler T.P., Leek G.L., Strachan S.D., Wittenbach V.A., Winchatt M.L.: New low – rate sulfonylureas for post - emergence weed control in corn. *Proc. of the Brighton Crop Prot. Conf. Weeds*, 1989, **1**: 23-28.
119. Pawlak G.: Udział chwastów leczniczych w zbiorowisku segetalnym Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego. *Pam. Puł.*, 2003, **134**: 157-165.
120. Pawłowski B.: Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. W: Szata roślinna Polski, W. Szafer i K. Zarzycki (red.), PWN Warszawa, 1972, **1**: 266-267.
121. Pawłowski F., Deryło S., Wesołowski M.: Dynamika zachwaszczenia pszenicy ozimej w wielogatunkowej monokulturze zbożowej. *Mat. Symp. „Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych”*, Wyd. IUNG, Wrocław, 1987, 208-220.
122. Pawłowski F., Wesołowski M.: Zasób i skład gatunkowy nasion chwastów w różnych kompleksach gleb w południowo-wschodniej Polsce. *Rocz. Nauk Rol.*, 1980, Seria A, **104(4)**: 87-100.
123. Petersen J., Söchting H.P., Zwirger P., Hurle K.: Reduktion des Herbizideinsatzes in Zuckerrüben auf das absolute notwendige Maß – die MLHD-Methode als möglicher Weg. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 2004, Sonderheft **XIX**: 959-967.
124. Podleśny J., Podleśna A.: The effect of tillage in darkness on weed investment. *Frag. Agron.*, 1997, **2B**: 539-542.
125. Praczyk T., Skrzypczak G.: *Herbicydy*. PWRiL Poznań, 2004.
126. Radosevich S., Holt J., Ghera C.: *Weed Ecology: Implications for management*. John Wiley and Sons, Inc, 1997.
127. Rola H.: Podział i charakterystyka herbicydów według ich mechanizmu działania i przydatności rolniczej. *WODR Wysoka*, 1982, **1**: 1-38.
128. Rola H.: Zależność wysokości plonów kukurydzy od okresu występowania w łanie *Echinochloa crus-galli* i *Amaranthus retroflexus*. *Pam. Puł.*, 1986, **87**: 155-170.
129. Rola H.: Regulacja zachwaszczenia upraw polowych w warunkach integrowanego rolnictwa. *Biul. IUNG*, 1999, **10**: 18-21
130. Rola H., Rola J., Król Z.: Nowe kierunki chemicznego zwalczania chwastów w kukurydzy. *Mat. Sesji Nauk. „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce”*. IUNG Puławy, 1988, **cz. II**: 116-122.

131. R o l a H., R o l a J., K u c h a r c z y k A., K o l a r z B.: Wstępne wyniki badań nad biologią i występowaniem odpornych na triazyny ekotypów *Amaranthus retroflexus* na Dolnym Śląsku. Mat. XXIX Sesji Nauk., IOR Poznań, 1989, cz. II: 157-164.
132. R o l a H., R o l a J.: Konkurrenz von *Chenopodium album* und *Echinochloa crus-galli* auf Mais. 8 th EWRS Symposium „Quantitative approaches in weed and herbicide reseach and their practical application”, Braunschweig, 1993, 101-106.
133. R o l a H., D o m a r d z k i K., R o l a J.: Agroekologiczne podstawy stosowania obniżonych dawek herbicydów do odchwaszczania roślin uprawnych. Mat. Konf. Nauk. „Dobre praktyki w produkcji rolniczej”. IUNG Puławy, 1998, 443-450.
134. R o l a H., R o l a J.: Wpływ wieloletniego stosowania herbicydów triazynowych na sukcesję roślin segetalnych i ruderalnych. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 1999, **39(1)**: 224-230.
135. R o l a H., R o l a J.: Występowanie *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli* – biotypów odpornych na triazyny w kukurydzy na terenie południowo-zachodniej Polski. Pam. Puł., 2002, **129**: 11-23.
136. R o l a J.: Badania nad dynamiką zbiorowisk chwastów segetalnych w płodozmianie. Roczn. Nauk Rol., 1962, **85**: 516-553.
137. R o l a J.: Ekonomiczne aspekty stosowania herbicydów w rolnictwie. SITR i WRIIL. Mat. Konf. „Intensyfikacja rolnictwa a ochrona środowiska”, Gdańsk, 1972, 104-126.
138. R o l a J.: Ekologiczno- ekonomiczne podstawy chemicznej walki z chwastami na polach uprawnych. Mat. XXXI Sesji Nauk. IOR Poznań, 1991, **1**: 115-129
139. R o l a J., K u ź n i e w s k i E.: Rozmieszczenie niektórych gatunków chwastów segetalnych w woj. wrocławskim i sposoby ich zwalczania. Wyd. WOPR Wysoka, 1977, 1-25.
140. R o l a J., K u ź n i e w s k i E.: Rozmieszczenie niektórych gatunków chwastów segetalnych na terenie Polski i potencjalne zagrożenie przez nie produkcji roślinnej. Mat. XVIII Sesji Nauk. IOR Poznań, 1978, **II**: 451-474
141. R o l a J., R o l a H.: Dynamika chwastów segetalnych na polach uprawnych. Mat. Symp. „Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych”, Wrocław, 25–26 czerwiec, IUNG Puławy, 1987a, 131-148.
142. R o l a J., R o l a H.: Dynamika chwastów segetalnych na polach uprawnych. Mat. Symp. „Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych”, Wrocław, 25–26 czerwca, IUNG Puławy, 1987b, 124-143.
143. R o l a J., R o l a H., K u c h a r c z y k A., Ł a t o w s k i K., B o r o w i e c S., K u t y n a I.: Występowanie wybranych gatunków chwastów w uprawach rolniczych – makroregion południowo-zachodni. Wyd. IUNG Puławy, 1992, **R(292/3)**.
144. R o l a J., R o l a H.: Przenikanie *Aethusa cynapium* (L.) i *Desurainia sophia* (L.) Webb do zbiorowisk segetalnych. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz. Rolnictwo, 1995a, **196(38)**: 235-237.
145. R o l a J., R o l a H.: Wpływ uproszczonej technologii uprawy kukurydzy i buraków cukrowych na stan zachwaszczenia plantacji. Mat. XXXV Sesji Nauk. IOR Poznań, 1995b, **I**: 139-146.
146. R o l a J., R o l a H.: Problem odlogów na gruntach porolnych i perspektywy ich racjonalnego zagospodarowania. Pam. Puł., 2000, **120/II**: 361-367.
147. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16.04.2004 r. (Dz. U., nr 85, poz. 801) wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U., nr 48, poz.460 oraz Dz. U., nr 108, poz. 907 z 2005 r.).
148. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 04.08.2004 r. (Dz. U., nr 183, poz. 1890, Dz. U., nr 2, poz 94) oraz z dnia 14.04.2005.r. (Dz. U., nr 76, poz.670).
149. R u b i n B.: Herbicide-resistant weeds – the inevitable phenomenon; mechanism, distribution and significance. Z. Pflkrankh. Pflschutz, 1996, Sonderheft **XV**: 17-32.

150. R u p a l l a R.: Kreuz und quer verfluchten. DLG-Mitteilungen, 1997, **1**: 57-59.
151. S a d o w s k i J., K o s t o w s k a B., R o l a J.: Monitoring wód powierzchniowych i gruntowych województwa wrocławskiego na zawartość herbicydów. Mat. XXXIV Sesji Nauk. IOR Poznań, 1994, **1**: 245-251.
152. S a d o w s k i J.: Skażenie herbicydowe wód pierwszego poziomu użytkowego. Praca habilitacyjna. IUNG Puławy, 1996.
153. S a l g a r o l l o V., P o l i t i A., G h i b l i R.: Nicosulfuron: new sulfonylurea herbicide for weed control in maize. Informatore – Fitopatologico, 1995, **45(3)**: 48-51.
154. S c h m i d t W., D o l l D., N i t z s c h e O.: Erfahrungen mit konservierender Bodenbearbeitung in Sachsen. Neue Landwirtschaft, 1999, **5**: 2-5.
155. S c h m i d t W., S t a h l H.: Winterraps mit Erfolg ohne Pflug bestellen. Bauern Zeitung – Sonderdruck Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 1999, 1-4.
156. S e b e r t - C u v i l l i e r E., P a c c a u t F., C h a b r e r i e O., E n d e l s P., G o u b e r t O., D e c o c q G.: Local population dynamics of an invasive tree species with a complex life-history cycle: a stochastic matrix model. Ecol. Model., 2007, **201(2)**: 127-143.
157. S e k u t o w s k i T., R o l a H.: Wpływ systemów uprawy na bank nasion chwastów w glebie Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2006, **46(2)**: 116-119.
158. S h u m w a y D.L., K o i d e R.T.: Seed preferences of *Lumbricus terrestris* L., Appl. Soil Ecol., 1994, **1**: 11-15.
159. S c h m e n k R.E. Jr.: Velvetleaf, *Abutilon theophrasti* (Malvaceae), history and economic impact in the United States. Econ. Bot., 1994, **38(4)**: 407-416.
160. S i m a r d M.J., L e g e r e A.D., P a g e a n D., L a j e u n e s s e J., W a r w i c k S.I.: The frequency and persistence of volunteer canola (*Brasica napus*) in Quebec cropping systems. Weed Technol., 2002, **16**: 433-439.
161. S i ó d m i a k J.: Rola odmian w nowoczesnej uprawie i ochronie kukurydzy – COBORU. Technologia produkcji kukurydzy. Słupia Wielka, 2004, 24-34.
162. S k r z y p c z a k G., P u d e ł k o J., B l e c h a r c z y k A., W o ź n i c a Z.: Adjuvants and herbicides in maize (*Zea mays* L.) production. 9th EWRS Symposium Budapest 1995. Challenges for Weed Science in a Changing Europe, 1995, **1**: 315-319.
163. S m i t h D.T., S a n k u l a S.: Grower practices in weed mangement in several U.S. crops. In: Proceedings of the 12th European Weed Research Society, Symposium, Wageningen, 2002, 98-99.
164. S o l a r z W.: Inwazje biologiczne jako zagrożenie dla przyrody. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2007, **47(1)**: 128-133
165. S t e f a n o v i č L., S i m i č M., V i d e n o v i č Ž.: Weed fresh weight under different maize, densities and water regime. Herbologia, 2005a, **6(1)**: 25-34.
166. S t e f a n o v i č L., S i m i č M.: Field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) – biology and control. Poponac njivski (*Convolvulus arvensis* L.) – biologija i suzbijanje. Biljni Lekar (Plant Doctor), 2005b, **33(1)**: 68-75.
167. S t r e i t B., S t a m p P., R i c h n e r W.: No-tillage in cool and humid climate: weed populations and weed control. Third International Weed Science Congress IWSC FOZ DO IGUASSU – Brazil, 2000, 6-10.
168. S t u c z y ń s k i T., D e m i d o w i c z G., D e p u t a t T., G ó r s k i T., K r a s o w i c z S., K u ś J.: Adaptation scenarios of agriculture in Poland to future climate changes. Environ. Monitor. Assess., 2000, **61**: 133-144.

169. Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., Lepiarczyk A.: Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Agr. Silv.*, 2004, **34**: 127-130.
170. Surawska M., Rzeźnicki B.: Ustawodawstwo – projekty ustaw i rozporządzenia z zakresu ochrony roślin. *Mat. IX Konf. „Racjonalna technika ochrony roślin”*. IOR-PIB Poznań 2010, 9-17.
171. Sutton P., Richards C., Buren L., Glasgow L.: Activity of mesotrione on resistant weeds in maize. *Pest Manag. Sci.*, 2002, **58(9)**: 981-984.
172. Świetochowski B.: Ogólna uprawa roślin. PWRiL Warszawa, 1969.
173. Teasdale J.R., Beste C.E., Potts W.E.: Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Sci.*, 1991, **39**: 195-199.
174. Trzcńska-Tacik H.: Znaczenie różnorodności gatunkowej chwastów segetalnych. *Pam. Puł.*, 2003, **134**: 253-262.
175. Urban S.: Zmiany w użytkowaniu ziemi rolniczej w Polsce. *Journal of Agribusiness and Rural Development.*, 2009, **2(12)**: 257-265.
176. Valone T.J., Hoffman C.D.: Population stability is higher in more diverse annual plant communities. *Ecology Letters*, Oxford, UK, 2003, **6(2)**: 90-95.
177. Varga B., Svecnjak Z., Pospisil A.: Winter wheat cultivar performance as affected by production systems in Croatia. *Agron. J.*, 2001, **93**: 961-966
178. Vereijken P.: A methodic way to more sustainable farming systems. *Neth. J. Agric. Sci.* 1992, **40**: 209-223.
179. Verschwele A., Zwerger P.: Auswertungen von Grenzaufwand-Versuchen in Bezug auf das notwendige Maß beim Herbizideinsatz. *Z. Pflkrankh. Pflschutz*, 2006, Sonderheft **X**: 675-682.
180. Vidal R.A., Baumann T.T.: Straw density in no-till affects soybean – weed interference. *Proceedings of 3rd ESA Congress*, 1994, 268-269
181. Villasana R., Rodriguez A.B., Perez D., Fernandez J., Uranga H.: Determination of critical period of competition between weeds and corn. *Memorias, Jardín Botánica Nacional, Ciudad Habana*, 2004, **28**: 142-144.
182. Voll E., Torres E., Brighenti A.M., Sazziero D.L.P.: Weed seedbank dynamics under different soil management systems. *Dinamica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo. Planta Daninha, Londrina*, 2001, **19(2)**: 171-178.
183. Weber R.: Wpływ uprawy zachowawczej na ochronę środowiska. *Post. Nauk Rol.*, 2002, **1**: 57-67.
184. Wesołowski M.: Stan i perspektywy badań nad systemami produkcji roślinnej w warunkach lubelszczyzny. *Acta Agrophysica*, 2007, **10(3)**: 739-749.
185. Wesołowski M.: Zawartość nasion chwastów w ważniejszych glebach makroregionu południowo-wschodniego i środkowego Polski. *Rocz. Nauk Rol., Seria A*, 1984, **106(1)**: 169-183.
186. Wielicki W.: Efektywność przedsiębiorstw przemysłowych i rolnych. *Rocz. AR Poznań* 2003, **CCCLVIII(2)**: 182-194.
187. Williams M.M.: Planting date influences critical period of weed control in sweet corn. *Weed Sci.*, 2006, **54(5)**: 928-933.
188. Wilson J.S., Worsham A.D.: Combinations of nonselective herbicides for difficult to control weeds in no – till corn in *Zea mays* and soybeans. *Weed Sci.*, 1988, **36**: 648-652.
189. Witkowski F.: Wpływ wieloletnich uproszczeń uprawy roli na liczbę i rozmieszczenie nasion chwastów w glebie. *Post. Nauk Rol.*, 1998, **1**: 31-40

190. Witkowski F., Roszak W., Radeccki A.: Wpływ różnych sposobów uprawy ścierniska na zachwaszczenie pola. Rocz. Nauk Rol. Seria A, 2000, **110(3-4)**: 153-161.
191. Woźnica Z.: Herbologia. PWRiL Poznań, 2008, 1-430.
192. Woźnica Z.: Współdziałanie adiuwantów a skuteczność chwastobójcza herbicydów. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Rośl., 2003, **43(1)**: 472-480.
193. Wrzesińska E., Dzienia S., Wereszczaka J.: Wpływ systemów uprawy roli na ilość i rozmieszczenie nasion chwastów w glebie. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2003, **2(1)**: 169-175.
194. Zadorozhny V.: Weed shift and herbicide use in maize in the Ukraine Z. Pflkrankh. Pflschutz, 2004, Sonderheft **XIX**: 927-931.
195. Zawiślak K.: Stopień specjalizacji zmianowań a aktualne i potencjalne zachwaszczenie stanowisk. Zesz. Nauk. ART Olsztyn. Rolnictwo, 1980, **29**: 283-293.
196. Zawora T., Ziernicka-Wojtaszek A.: Wpływ pogody i klimatu na działalność agrotechniczną i plonowanie roślin uprawnych na obszarze Polski. Probl. Ekol., 2005, **9(5)**: 269-271.
197. Zwergger P.: Integrated weed management in developed nations. Proc. 2nd Interenational Weed Control Congress, 25-28 June Copenhagen, Denmark, 1996, 933-942.

DYNAMIKA WYSTĘPOWANIA FLORY SEGETALNEJ W UPRAWIE
KUKURYDZY NA DOLNYM ŚLĄSKU W LATACH 1972–2008
A OBECNE MOŻLIWOŚCI JEJ REGULACJI

Streszczenie

Słowa kluczowe: zbiorowiska chwastów, systemy uprawowe, kukurydza, herbicydy, redukcja dawek, adiuwanty, testy biologiczne

Lista florystyczna zbiorowisk chwastów towarzyszących uprawom kukurydzy w rejonie Wrocławia na przestrzeni lat uległa zmianom ilościowym i jakościowym w porównaniu z badaniami prowadzonymi w latach 1972–1992. Nadal ciągle dominującymi gatunkami w zasiewach kukurydzy pozostają chwastnica jednostronna i komosa biała. Natomiast dużym zagrożeniem dla kukurydzy na wszystkich stanowiskach było pojawienie się psianki czarnej – gatunku dotąd niespotykanego w tej uprawie oraz nasilenie występowania gatunków ciepłolubnych i późnoshodzących: włośnicy zielonej, szarłatu szorstkiego, blekotu pospolitego, zaślazu pospolitego. Istotnie spadło zagrożenie gwiazdnicą pospolitą i perzem właściwym w porównaniu z poprzednimi badaniami. W zbiorowiskach tych panowała nadal duża różnorodność flory segetalnej, notowano jednak mniejsze liczebności poszczególnych gatunków od stwierdzonych w latach 1972–1992.

Największą bioróżnorodność flory segetalnej stwierdzono w kukurydzy uprawianej konwencjonalnie z zastosowaniem płodozmianu, zaś najuboższe zachwaszczenie w siewie bezpośrednim. W uprawach z zastosowaniem płodozmianu, jak i w monokulturze po wprowadzeniu uproszczeń uprawowych obserwowano pojawienie się gatunków wieloletnich bylicy pospolitej oraz skrzypu polnego, natomiast w monokulturze kukurydzy uprawianej z zastosowaniem siewu bezpośredniego wrastało również zagrożenie perzem właściwym.

Do oceny zachwaszczenia gatunkami dominującymi, stale obecnymi w uprawie kukurydzy w gospodarstwach różniących się powierzchnią i intensywnością produkcji wykorzystano analizę log-liniową i korespondencji. Wybrane wielocechowe metody statystyczne ułatwiają określenie zależności zachwaszczenia od typu gleby oraz wielkości gospodarstwa na przestrzeni lat i pozwalają oceniać cechy jakościowe o charakterze nieciągłym, w tym wypadku liczebność chwastów. Niezależnie od typu gleby i wielkości gospodarstwa w największej liczebności zawsze występowały chwastnica jednostronna i komosa biała. Istotnie większe liczebności włośnicy zielonej, szarłatu szorstkiego i psianki czarnej wykazano na czarnych ziemiach w porównaniu z pozostałymi stanowiskami. Na glebach brunatnych w dużym nasileniu wystąpiły chwastnica jednostronna, komosa biała i przetacznik bluszczokowaty. Natomiast gleby płowe charakteryzowały się największą liczbą na jednostce powierzchni chwastnicy jednostronnej, komosy białej, fiołka polnego, rumianu polnego i perzu właściwego.

W oparciu o wyznaczanie tolerowanych okresów konkurencji chwastnicy jednostronnej, szarłatu szorstkiego i komosy białej w warunkach doświadczenia mikropoletkowego stwierdzono, że chwastnica jednostronna, jak i szarłat szorstki rosnące samodzielnie, mogą pozostawać w łanie do fazy 7 liści kukurydzy bez niekorzystnego oddziaływania na jej wegetację oraz wysokość plonu ziarna. Natomiast w przypadku samodzielnego występowania komosy białej kukurydza tolerowała jej obecność do fazy 5 liści. Po tym okresie ujawnił się silnie

konkurencyjny ich wpływ na wegetację kukurydzy i wysokość plonowania bez względu na liczbę chwastów na jednostce powierzchni.

Na żyznych czarnych ziemiach w warunkach gospodarowania opartego na płużnym systemie uprawowym możliwa jest wysoka skuteczność niszczenia chwastów jedno- i dwuliściennych herbicydami Titus25 WG + Trend 90 EC oraz Milagro 040 SC w dawkach obniżonych o 33%. Najwyższe działanie chwastobójcze wykazały mieszaniny Callisto 100 SC + Milagro 040 SC i Titus 25 WG + Trend 90 EC+ Banvel 480 SL w wariacie dawek dzielonych, pełnych i obniżonych. Na glebach brunatnych w wariacie dawek obniżonych najefektywniejsze w niszczeniu zachwaszczenia okazały się mieszaniny Callisto 100 SC + Milagro 040 SC i Titus 25 WG + Trend 90 EC + Banvel 480 SL w dawkach obniżonych o 33%. Natomiast zbiorowisko chwastów występujące na glebach płowych najbardziej efektywnie było eliminowane w wariacie dawek dzielonych z użyciem pełnej dawki mieszaniny Titus 25 WG + Trend 90 EC + Banvel 480 SL, natomiast nie sprawdziła się aplikacja tej mieszaniny z użyciem obniżonych dawek.

W przyszłości wysokie wymagania założeń rolnictwa zrównoważonego będą w dużej mierze wymuszały opracowanie chemicznych systemów odchwaszczania z wykorzystaniem minimalnych dawek herbicydów wspomaganych dodatkiem różnych substancji poprawiających ich skuteczność. W tym kierunku podjęto dalsze badania w oparciu o testy biologiczne. Ich celem było wykazanie wpływu dodatku adiuwantów olejowych Actirob 842 EC oraz Atpolan 80 EC na wzrost skuteczności herbicydów Milagro 040 SC, Callisto 100 SC i ich mieszaniny aplikowanych w systemie obniżonych dawek w stosunku do chwastnicy jednostronnej, szarłat szorstkiego, komosy białej i przytulii czepnej.

W dobie powszechnej globalizacji rolnictwa wzrasta zagrożenie przenikania obcych gatunków inwazyjnych na nowe tereny. Szkodliwość ich w dużej mierze wynika z wysokiej siły konkurencyjnej i łatwego znajdowania dla siebie niszy ekologicznej w danym siedlisku, co przy ocieplającym się klimacie może stanowić potencjalne zagrożenie dla upraw rolniczych, a w przypadku zaślazu pospolitego dla kukurydzy.

Duży wpływ na zmieniające się zachwaszczenie w ostatnim czasie będą miały nowe techniki uprawowe stwarzające warunki dla przenikania z terenów ruderalnych do upraw rolniczych gatunków dotąd niespotykanych, jak np. bylica pospolita.

W tej sytuacji w najbliższym czasie o skuteczności metod regulacji zachwaszczenia będzie decydować znajomość ciągłych zmian zachodzących w zbiorowiskach flory segetalnej pod wpływem czynników biotycznych, abiotycznych czy ekologicznych. Ponieważ agrofitycenozy te są układami niestabilnymi, nieustannie ulegającymi przekształceniom, dlatego zalecane metody ich regulacji powinny być stale dostosowywane do zachodzących zmian.

DYNAMICS OF WEED INFESTATION IN MAIZE IN 1972–2008
YEARS IN LOWER SILESIA AND PRESENT POSSIBILITIES OF WEED
MANAGEMENT

Summary

Key words: weeds communities, cultivation technology, maize, herbicides, dose reduction, adjuvants, biological tests

Previously elaborated floristic list of weeds communities accompanying maize cultivation in the region of Wrocław has undergone numerous changes in the course of years, namely there have occurred both quantitative and qualitative differences in comparison to research conducted in the years 1972–1992. However, still remaining weed species in maize stands are barnyard grass and white goose foot. Yet a serious danger regarding all maize stands was the occurrence of black nightshade – the species which, so far, has not been found in that cultivation, as well as intensified occurrence of thermophilic and late – emerging species: green foxtail, green amaranth and fool's parsley. There was recorded a significant decrease in common chickweed and quack grass infestation as compared to previous investigation. Those communities still featured high diversity of segetal flora, yet there were recorded less numerous occurrences of particular species detected in the years 1972–1992.

The highest biodiversity of segetal flora was reported in maize cultivated according to the conventional method, with the use of crop rotation, while the lowest weeds infestation level characterized the stands resulting from direct sowing.

Both in cultivation using crop rotation and monoculture, after introduction of cultivation simplification, there was observed the occurrence of perennial species of common wormwood and field horsetail, while in maize monoculture originating from direct sowing increased danger of *Elymus repens* infestation became a fact.

To assess weeds infestation by dominant species, continuously present in maize stands differing in the area and production intensity, there was applied log – linear and correspondence analysis.

Selected multi – feature statistical methods facilitate determination of weeds infestation in relation to soil type and farm size in the course of years and allow to assess qualitative properties of not continuous character, like weeds abundance in the case of this study. Regardless the type of soil and farm size, the highest numbers belonged to barnyard grass and white goose – foot. Significantly higher numbers regarding green bristlegrass, green amaranth and black nightshade were reported for black earth in comparison to the remaining stands. On brown soils there occurred intensive infestation with barnyard grass, white goose – foot and ivy – like speedwell. Lessive soils characterized the highest number of barnyard grass, white goose – foot, field violet, field mayweed and quack grass per area unit.

Basing on determination of tolerated by maize periods of competition among barnyard grass, green amaranth and white goose – foot in the conditions of micro – field experiment, it was possible to state that these three species occurring together, as well as barnyard grass and green amaranth growing separately, can remain in maize stand until this plant reaches its 7 – leaf stage, not affecting maize growing and the size of grain yield. In the case of

white goose –maize tolerated weeds presence until it reached its 5 - leaf stage. Then strongly competitive effect of weeds on maize growth and yield size became evident.

Fertile black soils and the conditions of cultivation based on a ploughing system enable high efficacy of mono – and dicotyledones weed control with the use of Titus 25 WG + Trend 90 EC and Milagro 040 SC herbicides in doses reduced by 33%. The most efficient weeds control effect characterized the mixtures of Callisto 100 SC + Milagro 040 SC and Titus 25 WG + Trend 90 EC+ Banvel 480 SL administered in divided, full and reduced doses. On brown soils, regarding the pattern of reduced doses the most efficient weeds control means were the mixtures of Callisto 100 SC + Milagro 040 SC and Titus 25 WG + Trend 90 EC + Banvel 480 SL in doses reduced by o 33%. Weeds community occurring on lessive soil was most efficiently destroyed by using, in divided doses pattern, a full dose of Titus 25 WG + Trend 90 EC + Banvel 480 SL mixture, although its application in reduced doses was not satisfactory.

In the future, high demands on the assumptions of sustainable agriculture will be largely enforced the design of chemical weed control systems with using minimal doses of herbicides supported by the addition of various substances to improve their effectiveness. Therefore further investigation based on biological tests was undertaken. The research aim was the assessment of the effect of oil adjuvants Actirob 842 EC oraz Atpolan 80 EC , featuring diversified chemical properties, on higher efficacy of herbicides Milagro 040 SC, Callisto 100 SC and their mixtures, applied in reduced doses according to *Echinochloa crus-galli*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* and *Galium aparine*.

In the era of universal globalization of agriculture increased risk of transmission of invasive alien species to new areas. The harmfulness of them is largely the result of high competitive strength and easy to find for itself a niche in the ecological habitat as the warming climate may pose a potential threat to agricultural crops, and in the case of *Artemisia vulgaris* for maize.

Great impact on changing weed infestation recently have a new cultivation technique that creates the conditions for transfer of land to crops ruderal species not encountered before, such as mugwort. In this situation any time soon about the effectiveness of weed control methods will be decided by knowledge of the constant changes taking place in communities of flora segetal under the influence of biotic, abiotic or environmental factors. Since agrotocenozy are fragile systems, prone to constant changes, therefore, recommended methods of their regulation over the years should be continuously adapted to these changes.

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej IUNG „**Monografie i Rozprawy Naukowe**” publikowane są recenzowane prace o charakterze monografii i oryginalne rozprawy naukowe (prace habilitacyjne) z zakresu agronomii i kształtowania środowiska rolniczego.

Wydruk tekstu do recenzji czcionką 11 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: spis treści, wstęp, metodyka, omówienie wyników i dyskusja, wnioski lub podsumowanie, literatura, streszczenie
- objaśnienia tabel, podpisy i opisy do rysunków oraz streszczenie pracy wraz ze słowami kluczowymi w językach polskim i angielskim

tekst

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

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 13 cm (tabele w pionie) lub 19 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- umieszczone w oddzielnych plikach

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 13 cm × 19 cm
- dołączony wydruk w odpowiednich wymiarach, bardzo dobrej jakości, na białym papierze lub na folii
- w podpisach czcionka 9 p.
- na dyskietce w oddzielnych plikach

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. t·ha⁻¹)

literatura

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

Pracę do recenzji należy składać w 2 egzemplarzach. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany i ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, składać do Redakcji w 1 egzemplarzu i na dyskietce (lub przesłać e-mailem) na adres:

Dział Upowszechniania i Wydawnictw
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
e-mail: kmikulska@iung.pulawy.pl

W serii wydawniczej IUNG „**Monografie i Rozprawy Naukowe**” ukazały się następujące pozycje:

1. Adam Harasim – *Kompleksowa ocena plodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych*. Puławy, 2002.
2. Stanisław Wróbel – *Określenie potrzeb nawożenia buraka cukrowego mikroelementami*. Puławy, 2002.
3. Janusz Podleśny – *Studia nad oddziaływaniem światła laserowego na nasiona, wzrost i rozwój roślin oraz plonowanie łubinu białego (*Lupinus albus* L.)*. Puławy, 2002.
4. Czesław Józefaciuk, Anna Józefaciuk, Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer – *Przeciwerozyjne zagospodarowanie zlewni wyżynnej potoku Grodarz z uwzględnieniem ograniczania występowania powodzi*. Puławy, 2002.
5. Jerzy Księżak – *Dynamika gromadzenia składników pokarmowych w organach roślin tradycyjnych i samokończących odmian bobiku w okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej*. Puławy, 2002.
6. Franciszek Pistelok – *Analiza zależności pomiędzy zanieczyszczeniem ze źródeł komunalnych a jakością powierzchniowych wód płynących na obszarach silnie zurbanizowanych na przykładzie zlewni Górnej Wisły*. Puławy, 2002.
7. Ewa Stanisławska-Głubiak – *Analiza wybranych czynników determinujących efekty dolistnego nawożenia molibdenem w uprawie rzepaku ozimego*. Puławy, 2003.
8. Kazimierz Noworolnik – *Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska*. Puławy, 2003.
9. Teresa Doroszevska – *Krzyżowanie oddalone i transformacja genetyczna w uzyskiwaniu odporności tytoniu (*Nicotiana tabacum* L.) na wirusa Y ziemniaka (PVY)*. Puławy, 2004.
10. Eugeniusz K. Chylek – *Uwarunkowania procesu modernizacji rolnictwa i obszarów wiejskich w Polsce*. Puławy, 2004.
11. Zbigniew Samoń – *Studia nad metodami energooszczędnego suszenia chmielu*. Puławy, 2004.
12. Ryszard Weber – *Zmienność plonowania odmian pszenicy ozimej w zależności od przedplonu i sposobu uprawy roli*. Puławy, 2004.
13. Janusz Igras – *Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce*. Puławy, 2004.
14. Mariusz Kucharski – *Odporność chwastów na herbicydy z grupy inhibitorów fotosyntezy PSII na polach uprawnych południowo-zachodniej Polski*. Puławy, 2005.
15. Maria J. Król – *Azospirillum – asocjacyjne bakterie wiążące wolny azot*. Puławy, 2006.
16. Jerzy Grabiński – *Studia nad potencjałem allelopatycznym żyta ozimego*. Puławy, 2006.
17. Krzysztof Domaradzki – *Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczenia dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych*. Puławy, 2006.

18. Anna Stochmal – *Flawonoidy lucerny siewnej (Medicago sativa L.) – budowa chemiczna, właściwości spektralne, zawartość w zależności od odmiany i terminu zbioru*. Puławy, 2007.
19. Tomasz Stuczyński – *Assessment and modelling of land use change in Europe in the context of soil protection*. Puławy, 2007.
20. Jolanta Korzeniowska – *Potrzeby nawożenia pszenicy cynkiem, miedzią i borem w warunkach glebowo-klimatycznych Polski*. Puławy, 2008.
21. Maria J. Król, Janusz Smagacz – *Rozkład resztek pozbiorowych w glebie*. Puławy, 2008.
22. Agnieszka Klimkowicz-Pawlas – *Oddziaływanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na siedliskową funkcję gleby*. Puławy, 2009.
23. Janusz Czaban – *Fitogeniczne dodatki do paszy świń ze szczególnym uwzględnieniem ich roli jako zamienników antybiotykowych stymulatorów wzrostu*. Puławy, 2009.
24. Maria J. Król – *Bakterie endofityczne*. Puławy, 2009.
25. Ryszard Weber – *Przydatność uprawy konserwującej w rolnictwie zrównoważonym*. Puławy, 2010.
26. Józefa Harasim, Adam Harasim – *Produkcyjność mieszanek pastwiskowych z udziałem koniczyny białej (Trifolium repens L.) w różnych warunkach siedliskowych*. Puławy, 2010.
27. Maria J. Król – *Bakterie utleniające siarkę elementarną i redukujące siarczany*. Puławy, 2010.
28. Andrzej Doroszewski – *Skład spektralny promieniowania jako czynnik kształtujący pokrój i plon pszenicy*. Puławy, 2011.
29. Jerzy Bieńkowski – *Wielokryterialna analiza możliwości zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolniczych z uwzględnieniem czynników środowiskowych i ekonomicznych*. Puławy, 2011.