

Beata Feledyn-Szewczyk

WPŁYW SPOSOBU UŻYTKOWANIA  
GRUNTÓW NA RÓŻNORODNOŚĆ  
GATUNKOWĄ FLORY SEGETALNEJ

*Rozprawa habilitacyjna*

MONOGRAFIE  
I ROZPRAWY  
NAUKOWE

36

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*

Praca naukowa współfinansowana ze środków na naukę w latach 2010–2013  
w ramach projektu badawczego Nr N N310 437738

ISBN 978-83-7562-131-0

Nakład 150 egz., B-5, zam. 26/E/13  
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB w Puławach  
tel. (81) 8863421 w. 301 i 307; fax (81) 8863421 w. 302  
e-mail: [duw@pulawy.pl](mailto:duw@pulawy.pl); <http://www.iung.pulawy.pl>

Beata Feledyn-Szewczyk

WPLYW SPOSOBU UŻYTKOWANIA GRUNTÓW  
NA RÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWĄ FLORY SEGETALNEJ



## SPIS TREŚCI

1. WSTĘP .....	9
2. PRZEGLĄD LITERATURY .....	12
2.1. KONCEPCJA I MIARY BIORÓŻNORODNOŚCI .....	12
2.2. ROLA CHWASTÓW WE WZBOGACANIU BIORÓŻNORODNOŚCI EKOSYSTEMÓW ROLNICZYCH .....	15
2.3. WPŁYW INTENSYWNOŚCI PRODUKCJI ROLNICZEJ NA BIORÓŻNORODNOŚĆ AGROEKOSYSTEMÓW .....	18
2.4. FORMY OCHRONY BIORÓŻNORODNOŚCI NA OBSZARACH ROLNICZYCH .....	24
2.5. ZNACZENIE BADAŃ NAD RÓŻNORODNOŚCIĄ GATUNKOWĄ FLORY TOWARZYSZĄCEJ ROŚLINOM UPRAWIANYM NA CELE ENERGETYCZNE .....	27
3. MATERIAŁ I METODY .....	30
3.1. OCENA RÓŻNORODNOŚCI GATUNKOWEJ FLORY SEGETALNEJ TOWARZYSZĄCEJ ROŚLINOM UPRAWIANYM W RÓŻNYCH SYSTEMACH GOSPODAROWANIA .....	30
3.2. OCENA RÓŻNORODNOŚCI GATUNKOWEJ FLORY TOWARZYSZĄCEJ ROŚLINOM UPRAWIANYM NA CELE ENERGETYCZNE .....	39
3.3. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW POGODOWYCH .....	42
3.4. METODYKA OCENY RÓŻNORODNOŚCI FLORY TOWARZYSZĄCEJ ROŚLINOM UPRAWIANYM .....	43
3.5. METODY OPRACOWANIA WYNIKÓW .....	46
3.5.1. Wykorzystanie wskaźników różnorodności i podobieństwa do oceny struktury zbiorowisk chwastów .....	46
3.5.2. Hierarchiczna analiza skupień .....	47
3.5.3. Analiza ordynacyjna .....	48
3.5.4. Ocena istotności różnic – analiza wariancji lub analiza rangowa .....	48
4. WYNIKI BADAŃ .....	49
4.1. ZMIANY W RÓŻNORODNOŚCI GATUNKOWEJ FLORY SEGETALNEJ W PSZENICY OZIMEJ UPRAWIANEJ W RÓŻNYCH SYSTEMACH GOSPODAROWANIA .....	49
4.1.1. Ocena różnorodności flory segetalnej w łanie pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania i jej zmian w czasie za pomocą wskaźników .....	49
4.1.2. Ocena podobieństwa jakościowego i ilościowego zbiorowisk segetalnych w łanie pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania .....	63
4.1.3. Ocena zależności między systemami gospodarowania a występowaniem określonych gatunków chwastów w zbiorowiskach segetalnych w łanie pszenicy ozimej .....	69

4.1.3.1. Analiza z wykorzystaniem technik ordynacji pośredniej .....	69
4.1.3.2. Analiza z wykorzystaniem technik ordynacji bezpośredniej.....	74
4.2. RÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWA FLORY TOWARZYSZĄCEJ JEDNOROCZNYM UPRAWOM ROLNICZYM I WIELOLETNIM ROŚLINOM UPRAWIANYM NA CELE ENERGETYCZNE.....	82
4.2.1. Ocena różnorodności i podobieństwa zbiorowisk chwastów w różnych gatunkach roślin uprawianych w ekologicznym, integrowanym i konwencjonalnym systemie gospodarowania .....	82
4.2.2. Ocena różnorodności i podobieństwa zbiorowisk chwastów w wieloletnich roślinach uprawianych na cele energetyczne.....	92
4.2.3. Porównanie struktury zbiorowisk chwastów w wieloletnich roślinach uprawianych na cele energetyczne i jednorocznych uprawach rolniczych na gruntach ornych w różnych systemach gospodarowania .....	104
4.2.4. Ocena zależności między sposobem użytkowania gruntów a występowaniem gatunków chwastów .....	122
5. DYSKUSJA .....	130
5.1. ODDZIAŁYWANIE SYSTEMÓW GOSPODAROWANIA NA RÓŻNORODNOŚĆ I LICZEBNOŚĆ FLORY SEGETALNEJ .....	130
5.2. ODDZIAŁYWANIE SYSTEMÓW GOSPODAROWANIA NA SKŁAD GATUNKOWY ZBIOROWISK CHWASTÓW .....	138
5.3. WPŁYW UPRAWY ROŚLIN NA CELE ENERGETYCZNE NA RÓŻNORODNOŚĆ FLORY TOWARZYSZĄCEJ .....	145
6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI .....	153
7. ANEKS .....	155
8. LITERATURA .....	164
STRESZCZENIE/SUMMARY .....	179

**Wykaz stosowanych skrótów; List of abbreviations**

Systemy gospodarowania; Farming systems:

E – system ekologiczny; organic system

I – system integrowany; integrated system

K – system konwencjonalny; conventional system

M – monokultura pszenicy ozimej; monoculture of winter wheat

Grupy roślin uprawianych na cele energetyczne;

Groups of plants for energy purposes:

B – byliny dwuliścienne; perennial dicotyledonous

D – drzewa i krzewy; trees and bushes

T – trawy wieloletnie; perennial grasses

Rośliny uprawne; Crops:

k+t 1 – koniczyny z trawami w pierwszym roku użytkowania;  
clovers + grasses (1 year)

k+t 2 – koniczyny z trawami w drugim roku użytkowania;  
clovers + grasses (2 year)

miskant – miskant M-115; miscanthus M-115

mozga – mozga trzcinowata; reed canary grass

palczatka – palczatka Gerarda; big bluestem

pj – pszenica jara; spring wheat

po – pszenica ozima; winter wheat

proso\_r – proso różgowate; switchgrass

robinia – robinia akacjowa; false acacia

rzep – rzepak ozimy; winter rape

sida – ślaziozec pensylwański uprawiany z sadzonek;  
virginia mallow from seedlings

sida\_s – ślaziozec pensylwański z siewu; virginia mallow from seeds

spartina – spartina preriowa; prairie cordgrass

str – strączkowe; legumes

topinam – topinambur; Jerusalem artichoke

topola – topola AF2; poplar AF2

wierzba 1 – wierzba zbierana co roku; willow harvested every year

wierzba 3 – wierzba zbierana co trzy lata; willow harvested every 3 years

wierzba 4-5 – wierzba 4-letnia w 2010 roku, 5-letnia w 2011 r.;

4-year willow in 2010, 5-year willow in 2011

ziem – ziemniak; potatoe





## 1. WSTĘP

Celem rolnictwa powinno być nie tylko wytwarzanie płodów rolnych o wysokiej jakości, ale także ochrona zasobów środowiska, w tym różnorodności biologicznej. Działalność rolnicza, w zależności od stopnia intensywności gospodarowania, może sprzyjać utrzymywaniu lub nawet zwiększaniu bioróżnorodności bądź wpływać ograniczająco na bogactwo gatunkowe i liczebność populacji różnych organizmów wchodzących w skład agrocenozy. Połączenie ochrony bioróżnorodności z dochodową produkcją żywności jest jednym z zadań zrównoważonego rolnictwa (Duer i in. 2002, Hyvönen 2007, Krasowicz 2009, Petit i in. 2011, Strategia... 2012).

Zdaniem Sienkiewicz (2010), konieczność oceny bioróżnorodności wynika nie tylko z przesłanek naukowych, ale także ze względów praktycznych, politycznych i gospodarczych. Znaczenie różnorodności biologicznej wypromowała Konwencja o różnorodności biologicznej, ustanowiona podczas Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 r., nakładająca na wszystkie państwa obowiązek podejmowania działań zmierzających do ochrony bioróżnorodności (United Nation 1992). Zgodnie z tą konwencją różnorodność biologiczna powinna być chroniona na poziomie genetycznym, gatunkowym oraz ekosystemów, co należy także do priorytetów strategii zrównoważonego rozwoju Polski (Strategia... 1999, Andrzejewski i Weigle 2003, Krajowa strategia... 2007).

Utrata różnorodności biologicznej stanowi jeden z ważniejszych problemów współczesnego świata i zagrożenie dla naszej cywilizacji (Kozłowski 2004). Niszczenie pierwotnych ekosystemów, intensywna gospodarka rolna, urbanizacja oraz rozbudowa infrastruktury powodują ubożenie i osłabienie stabilności ekosystemów. Różnorodność biologiczna w Polsce jest wysoko oceniana w skali Europy, do czego w dużej mierze przyczyniły się urozmaicony krajobraz oraz ekstensywne formy gospodarowania na znacznym obszarze kraju.

Unia Europejska przywiązuje dużą wagę do ochrony bioróżnorodności, czego przykładem może być rozwijanie sieci obszarów chronionych Natura 2000, realizacja projektów LIFE oraz wprowadzanie odpowiednich dyrektyw: tzw. ptasiej (2009/147/WE), siedliskowej (1992/43/EWG), azotanowej (1991/676/EWG), wodnej (2000/60/WE) oraz dotyczącej zrównoważonego stosowania pestycydów (2009/128/WE). Jednym z działań sprzyjających zachowaniu bioróżnorodności jest powiązanie dopłat bezpośrednich dla rolników z koniecznością przestrzegania pewnych wymogów i standardów ochrony środowiska w prowadzonej gospodarce rolnej (tzw. zasady wzajemnej zgodności – „cross-compliance”). Obowiązkowym instrumentem Wspólnej Polityki Rolnej UE dla wszystkich krajów członkowskich jest program rolnośrodowiskowy. Zawiera on zestaw działań na rzecz ochrony środowiska i bioróżnorodności, które rolnik może realizować na obszarze swojego gospodarstwa. Program ten wspiera ekologiczny i zrównoważony system gospodarowania, ochronę cennych gatunków ptaków i siedlisk przyrodniczych na obszarach Natura 2000 i poza nimi, zachowanie zagrożonych zasobów genetycznych roślin

i zwierząt w rolnictwie, ochronę gleb i wód oraz zachowanie ostoi bioróżnorodności, takich jak miedze śródpolne oraz strefy buforowe (Przewodnik...2009).

Bioróżnorodność na polach uprawnych oraz w ich otoczeniu spełnia szereg funkcji, do których należą: utrzymywanie równowagi wśród patogenów i szkodników roślin uprawnych, zapewnianie obiegu składników pokarmowych, ochrona przed erozją, regulacja stosunków wodnych i korzystne oddziaływanie na strukturę gleby (Altieri 1999, Hochół 2003, Jędruszczak i in. 2003). Jednym z elementów różnorodności biologicznej na użytkach rolnych jest flora towarzysząca roślinom uprawnym. Flora segetalna ma liczne powiązania z innymi organizmami, co wpływa na funkcjonowanie agroekosystemu (Gerowitt i in. 2003, Marshall i in. 2003, Petit i in. 2011). Z rolniczego punktu widzenia istnieje konflikt między produktywnością roślin uprawnych a chwastami, które konkurują z rośliną uprawną o ograniczone zasoby środowiska. Zgodnie z zasadami rolnictwa zrównoważonego liczebność chwastów powinna być ograniczana do poziomu niewpływającego w istotny sposób na plonowanie roślin uprawnych, a zarazem niezagrażającego wyginięciu rzadkich gatunków (Duer 1996b, Domaradzki 2007, Pruszyński 2009). Do osiągnięcia tego celu mogą być wykorzystywane instrumenty o charakterze długofalowym, jak: płodozmian, system uprawy roli, nawożenie organiczno-mineralne, odpowiedni dobór gatunków i odmian roślin uprawnych lub bezpośrednie metody ograniczania zachwaszczenia (Duer 1996b, Adamczewski i Dobrzański 1997, Owczarczuk i in. 2005, Parylak i in. 2006, Duer i Feledyn-Szewczyk 2008, Feledyn-Szewczyk 2009).

Na różnorodność flory segetalnej wpływa wiele czynników środowiskowych i agrotechnicznych (Pysek i in. 2005, Murphy i Lemerle 2006, Fried i in. 2008, Cirujeda i in. 2011). Badania przeprowadzone przez Cimalovą i Lososovą (2009) wykazały, że kształtowanie się zbiorowisk chwastów na gruntach ornych w większym stopniu zależy od rodzaju uprawy i związanych z nią zabiegów agrotechnicznych niż czynników klimatycznych i siedliskowych. Zmieniające się uwarunkowania gospodarowania w rolnictwie stwarzają potrzebę oceny wpływu nowych praktyk rolniczych na zróżnicowanie flory towarzyszącej roślinom uprawnym. Wielu autorów zwraca uwagę na zmiany w zachwaszczeniu pól spowodowane m.in. stosowaniem uproszczonych technik uprawy roli, długotrwałym stosowaniem herbicydów czy ocieplaniem się klimatu (van Elsen 2000, Heller i Adamczewski 2002, Gerowitt 2003, Krawczyk 2005, Sekutowski i Domaradzki 2009, Cirujeda i in. 2011, Kundzewicz i Kozyra 2011, Gołębiowska 2011).

Ważnym zagadnieniem z zakresu oddziaływania rolnictwa na środowisko jest kompleksowa ocena wpływu wieloletniego stosowania różnych systemów gospodarowania we współczesnym rolnictwie – konwencjonalnego (intensywnego) oraz integrowanego i ekologicznego, na różnorodność flory występującej w agrocenozach. Wyniki realizowanych w ostatnich latach krajowych i zagranicznych projektów badawczych wskazują nie tylko na zubożenie gatunkowe zbiorowisk chwastów powodowane intensyfikacją rolnictwa i stosowaniem herbicydów, ale zwracają również uwagę na pozytywne aspekty utrzymującej się różnorodności gatunkowej chwastów

w ekologicznym systemie produkcji (Andreasen i in. 1996, van Elsen 2000, Hyvönen i in. 2003, Fuller i in. 2005, Hole i in. 2005, Hyvönen 2007, Andreasen i Stryhn 2008). Propagowane w ostatnim czasie rolnictwo zrównoważone, łączące cele ekologiczne, ekonomiczne i społeczne, powinno tak eksploatować naturalne zasoby środowiska, aby zapewnić odpowiedni poziom produkcji płodów rolnych i zachować funkcje ekosystemów dla przyszłych pokoleń (Gerowitt i in. 2003, Krasowicz i Kopiński 2006, Kuś i Stalenga 2006, Krasowicz 2009). Idee rolnictwa zrównoważonego są realizowane w systemie rolnictwa integrowanego i ekologicznego (Kuś 1995a i 1995b, Rigby i Cáceres 2001, Pruszyński 2009, Przewodnik... 2009).

Od końca XX w. obserwuje się dynamiczny rozwój ekologicznego systemu gospodarowania w Polsce, do czego przyczyniło się prawne jego uregulowanie oraz wprowadzenie dotacji. Według danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, w 2011 r. w Polsce było 23,5 tys. gospodarstw ekologicznych, które zajmowały obszar 605 tys. ha (Rolnictwo ekologiczne... 2012). Jednym z ważniejszych problemów w rolnictwie ekologicznym, zwłaszcza w okresie przestawiania gospodarstwa z systemu konwencjonalnego na ekologiczny, jest zachwaszczenie roślin uprawnych. Zdaniem wielu autorów w rolnictwie ekologicznym można uzyskać dobry poziom produktywności, stosując metody regulacji zachwaszczenia przyjazne dla środowiska (Tyburski i Rychcik 2007, Kuś i in. 2010, Petit i in. 2011, Feledyn-Szewczyk 2012).

Nowym kierunkiem w produkcji rolniczej jest uprawa wieloletnich roślin na cele energetyczne. Wynika to z faktu, że Polska, podobnie jak wszystkie kraje członkowskie Unii Europejskiej, musi ograniczać emisję gazów cieplarnianych. Jednym z ważniejszych sposobów realizacji tego zadania jest zastępowanie części tradycyjnych paliw transportowych biopaliwami, zaś węgla biomasą, co powinno przyczynić się do zmniejszania emisji gazów cieplarnianych do atmosfery, zwłaszcza dwutlenku węgla. Produkcja biomasy na cele energetyczne przeciwdziała zmianom klimatu. Zgodnie z obowiązującymi regulacjami prawnymi udział energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2020 r. powinien stanowić 15% ogólnego zużycia energii. Przy założeniu, że dominującym źródłem tej energii będzie biomasa pozyskiwana z roślin wieloletnich, powierzchnia plantacji tych roślin w 2020 r. powinna wynosić około 0,5 mln ha, podczas gdy w 2008 r. zajmowały one jedynie 10 tys. ha (Faber i in. 2009). Ze względu na fakt, że jest to nowy rodzaj upraw na użytkach rolnych wskazana jest obserwacja zmian zachodzących we florze segetalnej oraz porównanie jej ze strukturą zachwaszczenia w jednorocznych uprawach rolniczych (Duer i Feledyn-Szewczyk 2009).

Hipoteza badawcza pracy zakłada, że poziom i utrzymanie bioróżnorodności w agroekosystemach uzależnione są od sposobu użytkowania gruntów, na co składa się wybór uprawianych gatunków roślin oraz stosowane zabiegi agrotechniczne, które mogą być bardziej lub mniej przyjazne dla środowiska. Znajomość wpływu na środowisko różnych systemów gospodarowania oraz nowych gatunków roślin uprawianych na cele energetyczne umożliwi zarządzanie przestrzenią rolniczą w sposób, który będzie służył zachowaniu lub zwiększaniu bioróżnorodności agroekosystemów.

Celem podjętych badań było:

- określenie zmian różnorodności i liczebności flory segetalnej w lanie pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania: ekologicznym, integrowanym, konwencjonalnym i w monokulturze, w okresie 16 lat;
- ocena różnorodności i liczebności zbiorowisk chwastów towarzyszących gatunkom roślin wieloletnich uprawianych na cele energetyczne;
- porównanie flory występującej w wieloletnich uprawach na cele energetyczne i w jednorocznych uprawach rolniczych w różnych systemach gospodarowania;
- określenie podobieństwa jakościowego i ilościowego zbiorowisk chwastów towarzyszących różnym roślinom uprawnym i sposobom użytkowania gruntów;
- ocena możliwości wykorzystania analizy ordynacyjnej do określenia zależności między sposobem użytkowania gruntów a występowaniem określonych gatunków chwastów.

## 2. PRZEGLĄD LITERATURY

### 2.1. KONCEPCJA I MIARY BIORÓZNORODNOŚCI

W literaturze funkcjonuje wiele definicji różnorodności przyrodniczej, które ogólnie sprowadzają się do określenia, że jest to całe bogactwo form życia występujących na Ziemi, różnorodność gatunków, genetyczna zmienność wewnątrzgatunkowa, a także różnorodność wielogatunkowych układów przyrodniczych, tj. ekosystemów i krajobrazów (Sienkiewicz 2010). Podczas międzynarodowej konferencji „Szczyt Ziemi”, zorganizowanej przez ONZ w Rio de Janeiro w 1992 r., w uchwalonej Konwencji o różnorodności biologicznej zdefiniowano różnorodność biologiczną jako zmienność żywych organizmów zamieszkujących wszystkie środowiska oraz zmienność systemów ekologicznych, których częścią są te organizmy, przy czym tak ujęta zmienność obejmuje różnorodność wewnątrzgatunkową, międzygatunkową i różnorodność ekosystemów (United Nation 1992). Skrótowy termin „bioróżnorodność” (biodiversity) został utworzony przez W.G. Rosena na potrzeby Krajowego forum na rzecz bioróżnorodności Stanów Zjednoczonych w 1986 r. i spopularyzowany przez E.O. Wilsona w 1988 r. Obecnie pojęcia „różnorodność biologiczna” i „bioróżnorodność” funkcjonują zamiennie w literaturze naukowej (Sienkiewicz 2010).

Przegląd prac naukowych dotyczących badań różnorodności biologicznej dokonany przez Duelli’ego i Obrista (2003) wskazuje na złożoność tego zagadnienia, co przekłada się na różnorodność sposobów jej mierzenia i stosowanych wskaźników. Obecnie rozwijają się nowe podejścia do pojęcia różnorodności biologicznej, ale wciąż pozostają aktualne koncepcje wprowadzone w latach 70. XX w. przez Whittakera, który wyróżnił poziomy i typy różnorodności gatunkowej na różnych szczeblach organizacji biosfery (Whittaker 1977).

Clergue i in. (2005) potwierdzają, że bioróżnorodność jest pojęciem bardzo złożonym. Spełnia ona trzy podstawowe funkcje w agroekosystemach: genetyczne, rolnicze i ekologiczne. Pierwsze znaczenie bioróżnorodności polega na zachowaniu puli genowej gatunków, zwłaszcza zagrożonych wyginięciem. Druga funkcja bioróżnorodności, związana z aktywnością rolniczą, polega na zwiększaniu odporności agroekosystemów na stropy abiotyczne i biotyczne oraz zachowaniu ich roli produkcyjnej. Bioróżnorodność spełnia także funkcje ekologiczne poprzez tworzenie siedlisk z różnymi gatunkami flory i fauny, które mają określone znaczenie w ekosystemach rolniczych. Ze względu na wielorakość zadań pełnionych przez bioróżnorodność konieczny jest dobór odpowiednich narzędzi i metod w celu zrozumienia i oceny wpływu różnych praktyk rolniczych na różnorodność biologiczną zarówno na poziomie pola, jak i krajobrazu.

Z przeglądu literatury wynika, że najczęściej stosowaną miarą bioróżnorodności na danym obszarze jest liczba gatunków (Duelli i Obrist 2003, Trzcńska-Tacik 2003b, Falińska 2004, Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. 2004, Piernik 2012). Nie jest to jednak obiektywna miara bogactwa gatunkowego, ponieważ wszystkie gatunki traktuje jednakowo, niezależnie od ich udziału w zbiorowiskach (Sienkiewicz 2010). Innymi miarami są wskaźniki różnorodności uwzględniające oprócz liczby gatunków ich udział w zbiorowisku. Wśród wielu opracowanych wskaźników ekologicznych często wykorzystywane są: indeks różnorodności Shannona i wskaźnik dominacji Simpsona (Shannon 1948, Simpson 1949). Miarą równomierności rozmieszczenia gatunków w zbiorowisku jest wskaźnik równocенności zdefiniowany jako stosunek różnorodności obserwowanej, mierzonej wartością indeksu Shannona, do maksymalnej przy danej liczbie gatunków (Pielou 1966). Obecnie wskaźnik ten jest coraz rzadziej stosowany ze względu na trudności z jego interpretacją, szczególnie na obszarach rolnych i leśnych (Gray 2000 za Sienkiewicz 2010). Z przeglądu literatury wynika, że analizy bioróżnorodności mogą opierać się na różnych miarach: frekwencji gatunków, zagęszczenia ich populacji, pokrycia powierzchni, aktualnej biomasy (Kwiatkowska i Symonides 1985, Falińska 2004). Do określania podobieństwa bądź różnic między zbiorowiskami chwastów wykorzystywane są wskaźniki podobieństwa jakościowego i ilościowego, np. indeks Sorensena (Magurran 1988, Zanin i in. 1997).

Opracowywanie wyników badań flory w klasycznej fitosocjologii opiera się w dużej mierze na intuicji i doświadczeniu badacza, ale od lat 70. XX w. wprowadza się metody numeryczne, które umożliwiają szybką i obiektywną analizę dużych zbiorów danych (van der Maarel 1998, Zarzycki 2009). Metody klasyfikacji numerycznej pozwalają na pogrupowanie prób w klasy na podstawie ich różnych atrybutów, np. składu gatunkowego (Piernik 2012). Wykorzystuje się w nich macierze podobieństwa wyliczone za pomocą różnych współczynników podobieństwa lub odległości. W fitosocjologii istnieją dwie szkoły przy wydzieleniu zespołów: pierwsza kieruje się dominacją gatunków, druga gatunkami charakterystycznymi, które uważane są za bioindykatory warunków środowiska. Zastosowanie klasyfikacji nu-

merycznej ujednocila kryteria i obiektywizuje grupowanie, chociaż różne metody dają odmienne rezultaty grupowania, co wynika z matematycznych założeń zastosowanych technik (Zarzycki 2009). Nie ma jednak uniwersalnego sposobu klasyfikacji i uważa się, że najlepszą metodą jest ta, która daje wynik łatwy do interpretacji (Kent i Coker 1992, Piernik 2012).

Istnieje kilka typów metod klasyfikacji numerycznej, które bazują na różnych założeniach podziału na grupy. Najbardziej rozpowszechnione są hierarchiczne metody klasyfikacji, które wskazują na różny stopień podobieństwa między obiektami, co ułatwia interpretację uzyskanego podziału na grupy (Kent i Coker 1992, Piernik 2012). Wyniki prezentowane są najczęściej w postaci dendrogramu obrazującego hierarchię podobieństwa. Wśród metod klasyfikacji numerycznej wyróżnia się techniki dzielące i kumulujące. Techniki dzielące wychodzą od ogólnego zbioru prób i dzielą go na mniejsze podgrupy. W tym typie klasyfikacji duże różnice dominują nad mniejszymi w procesie wyróżniania grup. Techniki kumulujące (aglomeracyjne) wychodzą od pojedynczego obiektu i łączą je w coraz większe skupienia. Podobieństwo pomiędzy poszczególnymi obiektami ma większe znaczenie w procesie grupowania niż główne różnice. W klasyfikacji hierarchicznej kumulującej wyliczana jest macierz podobieństwa między próbami, przy czym może to być podobieństwo jakościowe prób, ze względu na obecność lub brak gatunków, np. z zastosowaniem wskaźnika podobieństwa Sorensena bądź Jaccarda lub ilościowe – z zastosowaniem różnych miar odległości: procentu podobieństwa, odległości euklidesowej, odległości więzadłowej. Końcowe wyniki klasyfikacji i konstrukcja dendrogramu zależą od wyboru strategii sortującej, np. metoda najbliższego sąsiada, najdalszego sąsiada, metoda średnich połączeń nieważonych (UPGMA), metoda minimalnej wariancji i inne (Jongman i in. 1987, Zarzycki 2009, Piernik 2012).

W badaniach ekologicznych stosuje się także techniki ordynacyjne polegające na uporządkowaniu prób wzdłuż gradientu reprezentowanego przez oś diagramu ordynacyjnego na podstawie danych o składzie gatunkowym. Celem analiz ordynacyjnych jest takie uporządkowanie prób, aby obiekty o podobnym składzie gatunkowym i udziale gatunków były położone blisko siebie (Piernik 2012). Wyróżnia się techniki ordynacji pośredniej i bezpośredniej (Jongman i in. 1987). Techniki ordynacji pośredniej analizują wewnętrzne zróżnicowanie zbioru danych o roślinności tylko na podstawie zróżnicowania gatunkowego prób i udziału gatunków w próbach. Metody ordynacji bezpośredniej opierają się na danych o występowaniu gatunków i zmiennych środowiskowych lub agrotechnicznych w miejscu ich występowania. Celem techniki bezpośredniej jest określenie zależności między występowaniem gatunków a zmierzonymi lub wyskalowanymi zmiennymi środowiskowymi bądź agrotechnicznymi (Lepš i Šmilauer 2003, Piernik 2012).

Najczęściej stosowanymi w ekologii technikami ordynacji pośredniej są: analiza składowych głównych (PCA – Principal Components Analysis), analiza zgodności (CA – Correspondence Analysis) i jej zmodyfikowana wersja – nietendencyjna analiza zgodności (DCA – Detrended Correspondence Analysis) (ter Braak

i Šmilauer 2002, Lepš i Šmilauer 2003). Wybór techniki uzależniony jest od struktury analizowanych danych, czy mają one charakter liniowy, czy unimodalny. W modelu liniowym udział gatunków rośnie lub maleje proporcjonalnie do wielkości czynnika środowiskowego, a w modelu unimodalnym rozkład każdego gatunku jest zgodny z krzywą Gaussa, choć w rzeczywistości spektrum występowania gatunku rzadko ma charakter wyłącznie liniowy lub symetryczny (Piernik 2012). W przypadku danych liniowych zaleca się stosowanie analizy PCA, a przy danych o strukturze unimodalnej – technik CA i DCA. Przy wyborze technik ordynacji bezpośredniej dla danych o charakterze liniowym rekomendowana jest analiza redundancji (RDA – Redundancy Analysis), a dla danych unimodalnych – kanoniczna analiza zgodności (CCA – Canonical Correspondence Analysis) oraz jej zmodyfikowana wersja – nietendancyjna kanoniczna analiza zgodności (DCCA – Detrended Canonical Correspondence Analysis) (ter Braak i Šmilauer 2002). Jednym z programów umożliwiających stosowanie różnych metod porządkowania jest Canoco (ter Braak i Šmilauer 2002, Lepš i Šmilauer 2003).

Zdaniem Zarzyckiego (2009), metody numeryczne odgrywają dużą rolę we współczesnych badaniach ekologicznych, ponieważ umożliwiają określenie wpływu czynników środowiskowych na występowanie gatunków i zbiorowisk roślinnych. Chociaż wybór technik numerycznych, współczynników podobieństwa i metod skupiających zależy od badacza, to zaletą tych technik w porównaniu z klasyczną analizą fitosocjologiczną jest to, że wszystkie badane zdjęcia są grupowane lub porządkowane w ten sam sposób, który może być powtórzony, dając takie same rezultaty (Dzwonko 2007).

## **2.2. ROLA CHWASTÓW WE WZBOGACANIU BIORÓŻNORODNOŚCI EKOSYSTEMÓW ROLNICZYCH**

Na bioróżnorodność ekosystemów rolniczych składa się różnorodność występujących gatunków i odmian roślin uprawnych oraz towarzyszących im roślin dzikich, zwanych potocznie chwastami. W rolnictwie konwencjonalnym zwraca się szczególną uwagę na negatywne aspekty występowania chwastów w agrocenozach, powodujące zmniejszenie plonu. W badaniach Milberga i Hallgrena (2004) 31% zmienności strat plonów zbóż w Szwecji było objaśniane biomasą chwastów. W drugiej połowie XX w. badania dotyczące zachwaszczenia koncentrowały się na opracowaniu i doskonaleniu chemicznych metod zwalczania chwastów. Z przeglądu publikacji dokonanego przez Thilla i in. (1991) wynika, że około 75% prac w czasopiśmie *Weed Science* i *Weed Technology* w latach 50.–90. XX w. dotyczyła zastosowania herbicydów w walce z chwastami. Od lat 90. XX w., w związku z upowszechnieniem koncepcji rolnictwa zrównoważonego, nastąpiła ewolucja w poglądach na temat znaczenia roślin dzikich występujących na polach uprawnych. Zaczęły być one postrzegane nie tylko jako konkurenci roślin uprawnych, ale także

jako element zwiększający różnorodność w agrocenozach (van Elsen 2000, Hochół 2003, Marshall i in. 2003, Stupnicka-Rodzyńkiewicz i in. 2004).

Według Hochół (2003), faktyczna szkodliwość chwastów ujawnia się tylko w pewnych warunkach i zależy od: gatunku chwastu i jego biologii, liczebności populacji, rodzaju kultury uprawnej i jej zdolności konkurencyjnych, celu uprawy, a także od rodzaju gleby, przebiegu pogody i czynników agrotechnicznych. Obecnie zamiast „walki z chwastami” dąży się do ograniczania zachwaszczenia do takiego poziomu, by gatunki towarzyszące roślinom uprawnym nie powodowały istotnej obniżki plonu. Takie podejście jest zgodne z założeniami rolnictwa zrównoważonego i szczególnie uwypuklane w systemie rolnictwa ekologicznego.

Wyniki badań wielu autorów wskazują na pozytywne znaczenie flory segetalnej w utrzymaniu ogólnej bioróżnorodności agroekosystemów (Marshall i in. 2003, Hole i in. 2005). Zwalczanie roślin dzikich i osłabianie ich potencjału reprodukcyjnego zakłóca procesy zachodzące w glebie oraz zależności pokarmowe między florą, fauną i mikroorganizmami (Gerowitt i in. 2003, Miklaszewska i Adamczewski 2004). Usuwanie chwastów z agroekosystemów ma wpływ na łańcuchy pokarmowe, których ogniwami są bezkręgowce i ptaki. Badania wykazały, że wraz ze zmniejszaniem liczebności chwastów na skutek intensyfikacji rolnictwa w Finlandii, Niemczech, Danii i Wielkiej Brytanii następował spadek populacji ptaków oraz zapylaczy i innych owadów na terenach rolniczych (Ewald i Aebischer 1999, Wilson i in. 1999, Marshall i in. 2003, Hole i in. 2005). Wyniki monitoringu pospolitych gatunków ptaków lęgowych prowadzonego w Wielkiej Brytanii od lat 90. XX w. oraz w Polsce od 2000 r. wskazują na zmniejszanie się liczebności świergotka polnego, trznadla, ortolana, rycyka, szczygła, makolągwy, dudka i czajki w następstwie intensyfikacji rolnictwa i ograniczania różnorodności flory segetalnej (Chamberlain i in. 2000, Chylarecki i in. 2006). Nasiona chwastów, szczególnie z rodziny rdestowatych, komosowatych i wiechlinowatych, np.: *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare*, *Echinochloa crus-galli*, *Rumex obtusifolius* oraz *Stellaria media*, są ważnym składnikiem pożywienia wielu gatunków ptaków (Wilson i in. 1999, Marshall i in. 2003). Ponadto zwalczanie chwastów powoduje zmniejszanie liczby owadów, którymi karmione są pisklęta ptaków, co ogranicza ich występowanie i może prowadzić do zaniku niektórych gatunków w rejonach intensywnej produkcji rolniczej (Gerowitt i in. 2003).

Chwasty polne stanowią źródło pokarmu oraz miejsce bytowania i rozmnażania wielu gatunków zwierząt, w tym pożytecznych owadów zapylających (Trąba i Wolański 1999). Do roślin pyłko- i nektarodajnych należą m.in.: *Anthemis arvensis*, *Cirsium arvense*, *Centaurea cyanus*, *Chenopodium album*, *Consolida regalis*, *Taraxacum officinale*, *Papaver rhoeas*, *Sonchus arvensis* (Fijałkowski 1978 cyt. za Hochół 2003). Od obecności wielu chwastów w agrocenozach zależy byt organizmów chronionych, m.in. motyli z rodziny paziowatych czy rusalkowatych (Hochół 2003).



Badania wykazały, że wiele gatunków pospolitych chwastów ma ogromne znaczenie dla utrzymania populacji bezkręgowców, a przy tym ich szkodliwość jako konkurentów w stosunku do roślin uprawnych czy żywicieli szkodników jest niewielka (Marshall i in. 2003). Liczba gatunków zwierząt bezkręgowych związanych z poszczególnymi gatunkami chwastów może być miernikiem ich ważności w agrocenozach (Gerowitt i in. 2003, Miklaszewska i Adamczewski 2004, Hyvönen i Huusela-Veistola 2008). Obecność chwastów wpływa na liczebność owadów pożytecznych (drapieżników i pasożytów szkodników), wspomagających naturalną walkę ze szkodnikami (Boczek 1977, Dąbrowski 2006). Badania wskazują, że najgroźniejsze szkodniki występują w największym nasileniu w uprawach roślin stanowiących monokulturę bez chwastów (Adamczewski i Dobrzański 2008). Przy obecności na polu większej liczby chwastów na ogół obserwuje się więcej drapieżników atakujących szkodniki, co sprzyja utrzymaniu równowagi ekologicznej i zapobiega inwazji tych agrofagów. Ponadto stwierdzono, że zróżnicowanie gatunkowe roślin w siedliskach brzeżnych, bezpośrednio przylegających do pola uprawnego, sprzyja liczniejszemu występowaniu chrząszczy z rodziny biegaczowatych – naturalnych wrogów niektórych szkodników roślin (Twardowski i Pastuszko 2008).

Różnorodność gatunkowa chwastów wpływa na zwiększenie różnorodności mikroflory i mikrofauny glebowej, w tym antagonisticznej w stosunku do patogenów roślin uprawnych (Flohre i in. 2011). Niektóre gatunki chwastów polnych odstraszały szkodniki upraw rolniczych i sadowniczych (m.in. *Consolida regalis* – bielinka kapustnika, bielinka rzepnika, piętnówkę kapustnicę, *Chamomilla recutita* – mszyce, przędziorki, *Taraxacum officinale* – mszyce, miódówkowate, roztocza) lub są roślinami pułapkowymi dla szkodników (np. *Chenopodium album* dla mszycy burakowej). Wiele gatunków chwastów, m.in. *Armoracia rusticana*, *Equisetum arvense*, *Mentha arvensis* oraz gatunki z rodzaju *Urtica* mają znaczenie w ochronie upraw przed patogenami, co jest wykorzystywane w rolnictwie ekologicznym (Heynitz i Merckens 1992, Hochół 2003). Biomasa chwastów może być źródłem substancji organicznej w glebie i zabezpieczać ją przed erozją (Jędruszczak i in. 2003). Potencjał allelopatyczny wielu gatunków chwastów ma działanie stymulujące lub hamujące rozwój roślin uprawnych i występowanie innych chwastów (Duer 1996a, Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. 2003, Kaczmarek 2009).

Chwasty są coraz częściej postrzegane jako cenny element krajobrazu rolniczego, szczególnie w krajach, gdzie intensyfikacja produkcji rolnej doprowadziła do znacznego zmniejszenia bioróżnorodności pól uprawnych. Zdaniem Trzcíńskiej-Tacik (2003b), również w naszym kraju zachowanie zróżnicowania gatunkowego chwastów polnych oraz zróżnicowania krajobrazu, zwłaszcza na obszarach szczególnie cennych przyrodniczo, jest konieczne ze względów ekonomicznych, przyrodniczych, estetycznych i kulturowych, aby przekazać Polskę następnym pokoleniom z całym bogactwem i pięknem przyrody.

### 2.3. WPŁYW INTENSYWNOŚCI PRODUKCJI ROLNICZEJ NA BIORÓŻNORODNOŚĆ AGROEKOSYSTEMÓW

Jednym z ważniejszych czynników wpływających na bioróżnorodność agroekosystemów jest sposób rolniczego gospodarowania i wykorzystania gruntów. Istniejące we współczesnym rolnictwie systemy produkcji rolniczej mogą w różny sposób oddziaływać na środowisko, w tym na różnorodność flory segetalnej. Intensywny sposób gospodarowania, określany za Kusiem (1995a) jako konwencjonalny, ukierunkowany na maksymalizację zysku, charakteryzuje się uproszczeniami w strukturze zasiewów i dużym zużyciem przemysłowych środków produkcji: nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin. Ten rodzaj użytkowania przestrzeni rolniczej może stwarzać zagrożenia dla środowiska przyrodniczego, m.in. w wyniku zanieczyszczenia gleb i wód biogenami oraz substancjami aktywnymi środków ochrony roślin. Wywiera również negatywny wpływ na różnorodność krajobrazu rolniczego (van Elsen 2000). Wyniki badań wskazują, że intensywne rolnictwo wpływa niekorzystnie na różne grupy organizmów: mikroorganizmy glebowe, florę segetalną, dżdżownice, owady, pająki, ptaki i ssaki (Ewald i Aebischer 1999, Hyvönen i in. 2003, Urmler 2010, Flohre i in. 2011). Największy spadek bioróżnorodności wystąpił w ubiegłym stuleciu, w okresie transformacji rolnictwa z tradycyjnego na intensywne i zaznaczył się szczególnie wyraźnie w wysoko rozwiniętych krajach Europy.

Intensywne rolnictwo uważane jest przez wielu autorów za główną przyczynę zmniejszania się różnorodności gatunkowej i liczebności chwastów w agrocekozach (Friebe i Köpke 1995, Andreassen i in. 1996, van Elsen 2000, Hyvönen i in. 2003, Tschardt i in. 2005, Hyvönen 2007, Cirujeda i in. 2011). Zmiany w zbiorowiskach chwastów na gruntach ornych spowodowane są głównie stosowaniem herbicydów (Andreassen i in. 1996, Barberi i in. 1997), wysokimi dawkami nawozów azotowych (Mahn 1988) i uproszczeniami zmianowań (Erviö i Salonen 1987). Zmniejszenie liczebności populacji roślin towarzyszących uprawom na gruntach ornych stwierdzono w Niemczech, Danii, Holandii, Wielkiej Brytanii, Hiszpanii, w mniejszym stopniu w krajach o bardziej ekstensywnym rolnictwie: Finlandii oraz Polsce (Friebe i Köpke 1995, Andreassen i in. 1996, Friebe 1998, Hald 1999, van Elsen 2000, Hole i in. 2005, Hyvönen 2007, Hyvönen i Huusela-Veistola 2008, José-Maria i in. 2010, Tryjanowski i in. 2011, Storkey i in. 2012). Analiza listy gatunków roślin dzikich wymarłych i zagrożonych wyginięciem w Niemczech, przeprowadzona przez Kerneck i Sukopp (1988, cyt. za van Elsen 2000), wykazała, że rolnictwo jest odpowiedzialne za zmniejszenie populacji 513 spośród 711 gatunków. Z taksonów zagrożonych 10,8% stanowiły chwasty, a 15 gatunków uznano za wymarłe, co stanowiło 25% wszystkich wymarłych gatunków. Analizy wykonane przez Storkeya i in. (2012) dla 29 krajów Europy wykazały dodatnią korelację między plonami pszenicy a liczbą gatunków zagrożonych wyginięciem. W Polsce spośród 165 gatunków archeofitów towarzyszących roślinom uprawnym około 60% jest zagrożonych wyginięciem, głównie z powodu intensyfikacji rolnictwa (Zajac i in. 2009).

Negatywne oddziaływania rolnictwa konwencjonalnego na środowisko, nadprodukcja żywności oraz niezadowolenie konsumentów z jakości produktów uzyskiwanych z tego sposobu gospodarowania spowodowały, że zaczęto rozwijać koncepcje rolnictwa zrównoważonego, które jest w harmonijny sposób powiązane ze środowiskiem (Jordan 1992, Kuś 1995a). Takie założenia leżą u podstaw alternatywnych sposobów gospodarowania: integrowanego i ekologicznego, które rozwinęły się w opozycji do rolnictwa intensywnego.

Integrowany system produkcji wykorzystuje w harmonijny sposób postęp techniczny i biologiczny w uprawie, nawożeniu i ochronie roślin, pozwala uzyskać stabilną wydajność i odpowiedni poziom dochodów rolniczych w sposób niezagrażający środowisku. Łączy w sobie najważniejsze elementy rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego, pozwala na jednoczesną realizację celów ekonomicznych, ekologicznych i społecznych (Kuś 1995a). W praktyce rolnictwo integrowane polega na stosowaniu odpowiedniego zmianowania, zrównoważonego nawożenia organiczno-mineralnego, interwencyjnej aplikacji chemicznych środków ochrony roślin oraz produkcji zwierzęcej bazującej na własnych zasobach paszowych gospodarstwa. Według Drummond (1996), integrowana produkcja (ICM – Integrated Crop Management) stanowi połączenie najlepszych tradycyjnych metod z osiągnięciami nowoczesnych technologii, dając w efekcie system produkcji rolniczej, który zapewnia trwały rozwój ekonomiczny gospodarstwa, uwzględnia potrzeby środowiska przyrodniczego i jest jednocześnie atrakcyjny dla konsumenta ze względu na uzyskiwaną jakość produktów. Według Jordana (1992), wprowadzenie systemu integrowanego zmniejsza uciążliwość rolnictwa dla środowiska przyrodniczego, co znajduje potwierdzenie w badaniach prowadzonych w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym (IUNG-PIB) nad oceną różnych systemów rolniczych (Krasowicz i Kopiński 2006, Kuś i Stalenga 2006, Krasowicz 2009). Dyrektywa o zrównoważonym stosowaniu pestycydów (2009/128/WE) nakłada na kraje członkowskie Unii Europejskiej obowiązek przygotowania i wdrożenia integrowanych programów ochrony upraw do 31 grudnia 2013 r. (Dyrektywa... 2009). Zgodnie z tymi zaleceniami w Polsce zostały opracowane integrowane technologie produkcji roślin uprawnych (Pruszyński 2009).

Elementem integrowanego systemu produkcji jest integrowany sposób regulacji zachwaszczenia (IWM – Integrated Weed Management), który polega na łączeniu efektywnych i bezpiecznych dla środowiska metod (agrotechnicznych, mechanicznych, chemicznych, biologicznych, fizycznych) w celu utrzymania populacji chwastów poniżej progu ekonomicznej szkodliwości (Thill i in. 1991, Praczyk i Adamczewski 1994, Duer 1996b, Gerowitt 2003). Warunkiem prawidłowego gospodarowania w tym systemie jest stosowanie poprawnego płodozmiaru oraz agrotechniki zgodnej z Kodeksem Dobrej Praktyki Rolniczej, co ma na celu zwiększenie konkurencyjności rośliny uprawnej w stosunku do chwastów (Duer i in. 2002). W rolnictwie integrowanym naturalne procesy samoregulacji zachodzące w środowisku oraz niechemiczne metody regulacji zachwaszczenia powinny być stoso-

wane w pierwszej kolejności, a herbicydy, najlepiej selektywne, są zalecane tylko w sytuacjach, kiedy liczebność chwastów przekracza ekonomiczny próg szkodliwości (Duer 1996b, Adamczewski i Dobrzański 1997, Rola i Rola 1997, Domaradzki 2007, Pruszyński 2009).

Zasady dobrej praktyki rolniczej rekomendują stosowanie herbicydów w sposób bezpieczny dla zdrowia ludzi i środowiska, z użyciem minimalnych dawek zapewniających wymaganą skuteczność, a jednocześnie najmniejsze pozostałości w produktach spożywczych (Lipa i Bartkowski 1996, Domaradzki 2007, Woźnica 2008). Uzyskuje się to poprzez zmniejszanie liczby zabiegów herbicydowych, jak również obniżanie dawek preparatów poniżej dotychczas zalecanych, które zapewnią podobną efektywność zabiegu jak przy pełnych dawkach (Adamczewski i Dobrzański 1997, Stevenson i in. 2000, Domaradzki 2006). Zaleca się także wspomaganie ich działania adiuwantami, co zwiększa skuteczność i stabilność działania środków ochrony roślin stosowanych nawet w obniżonych dawkach (Woźnica 2003, Kucharski i Sadowski 2007, Woźnica 2008). W rolnictwie integrowanym preferowane są herbicydy o mniejszej toksyczności, ulegające szybkiemu rozkładowi w środowisku. Podkreśla się znaczenie rotacji herbicydów, ponieważ długotrwałe stosowanie na określonym polu substancji o tym samym mechanizmie działania może powodować ujemne skutki w postaci kompensacji niektórych gatunków chwastów w zbiorowisku i nagromadzenia w siedlisku biotypów odpornych na herbicydy (Sobótka 1999, Murphy i Lemerle 2006, Rola i in. 2007a). Na świecie zidentyfikowano 183 gatunki chwastów odporne na różne substancje aktywne herbicydów, głównie chlorosulfuron. Również w Polsce stwierdzono odporność niektórych gatunków chwastów, m.in. *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli* na herbicydy triazynowe oraz *Apera spica-venti* i *Centaurea cyanus* na chlorosulfuron stosowany w zasiewach pszenicy ozimej (Marczewska i Rola 2006).

Elementem integrowanej regulacji zachwaszczenia są komputerowe systemy wspomaganie decyzji, które ułatwiają prognozowanie wschodów chwastów, wybór terminu zabiegu oraz pozwalają uniknąć nadmiernego zużycia herbicydów (Thill i in. 1991, Parsons i in. 2009). Zmniejszenie emisji herbicydów do środowiska uzyskuje się także poprzez odpowiednie techniki oprysku, np. tylko w rzędach roślin, oraz precyzyjne zwalczanie chwastów (Dobrzański i Adamczewski 2006, Dobrzański i Adamczewski 2009). W ostatnich latach dokonał się duży postęp technologiczny w rozwoju maszyn i narzędzi do mechanicznej regulacji zachwaszczenia, które opierają się na nowoczesnych technikach detekcji i mogą być stosowane zarówno w rolnictwie integrowanym, jak też ekologicznym (Melander i in. 2005, Tillet i in. 2008, Slaughter i in. 2008). Ponadto prowadzone są badania nad wykorzystaniem potencjału mikroorganizmów oraz sporządzonych na ich bazie mykoherbicydów, a także alleloherbicydów do regulacji zachwaszczenia (Sobótka 1997, Kaczmarek 2009, Ratajkiewicz i in. 2011). Jednak wysokie koszty produkcji i stosowania tych preparatów oraz selektywność i często mała skuteczność ograniczają ich przydatność dla praktyki rolniczej (Rola i Rola 1997, Sobótka 1997). Spośród fizycznych

metod zwalczania chwastów najczęściej stosowana jest metoda termiczna, głównie w uprawach warzyw o wydłużonym okresie kiełkowania (Kuś 1999).

Wyniki wdrożeń systemu integrowanego w kilku krajach Europy wskazują, że udało się wyraźnie ograniczyć zużycie chemicznych środków ochrony roślin oraz, chociaż w mniejszym stopniu, syntetycznych nawozów azotowych (Jordan 1992). Spowodowało to zmniejszenie wymywania azotanów do wód gruntowych, wzrost biologicznej aktywności gleby oraz zwiększenie różnorodności flory i fauny. Spadek przychodów, będący następstwem nieco mniejszych plonów, był kompensowany niższymi nakładami na środki produkcji. Wieloletnie badania nad stosowaniem różnych metod integrowanej regulacji zachwaszczenia wykazały, że pozwalają one skutecznie ograniczyć liczebności chwastów przy znacznej redukcji dawek herbicydów lub nawet całkowitym wykluczeniu ich stosowania, podobnie jak to jest praktykowane w rolnictwie ekologicznym (Chikowo i in. 2009). Według Vijnandsa (1996), dzięki wprowadzeniu systemu integrowanej produkcji i regulacji zachwaszczenia w Holandii, udało się zmniejszyć zużycie substancji aktywnych o 25–50% poprzez wprowadzenie mechanicznej pielęgnacji, oprysk pasowy i stosowanie zmniejszonych dawek preparatów. Ograniczanie ilości i zwiększanie efektywności stosowania herbicydów jest realnym zadaniem stojącym przed rolnictwem w Polsce w związku z wejściem w życie od 1 stycznia 2014 r. Dyrektywy o zrównoważonym stosowaniu pestycydów (Dyrektywa...2009).

Celem rolnictwa ekologicznego, podobnie jak integrowanego, jest produkcja żywności wysokiej jakości i jednocześnie ochrona środowiska przyrodniczego (van Elsen 2000, Kuś i Stalenga 2006, Rozporządzenie... 2007, Ustawa... 2009). System ekologiczny różni się zasadniczo od innych systemów produkcji rolnej, ponieważ wyklucza stosowanie syntetycznych nawozów mineralnych, chemicznych środków ochrony roślin, regulatorów wzrostu i syntetycznych dodatków do pasz. Bazuje on na środkach pochodzenia naturalnego, nieprzetworzonych technologicznie (Kuś 1995b). Dopuszczone do stosowania substancje są wymienione w załączniku do Dyrektywy i obowiązują na terenie wszystkich krajów UE (Rozporządzenie... 2007). Ekologiczny system gospodarowania opiera się na stosowaniu przyjaznych dla środowiska metod produkcji uwzględniających płodozmian z dużym udziałem roślin motylkowatych, nawozy organiczne i niechemiczne metody ochrony roślin. Wyniki wielu badań wskazują na pozytywny wpływ rolnictwa ekologicznego na różnorodność flory i fauny na gruntach ornych i trwałych użytkach zielonych (Moreby i in. 1994, Frieben i Köpke 1995, Frieben 1998, Hald 1999, van Elsen 2000, Stolze i in. 2000, Hyvönen i Salönen 2002, Hyvönen i in. 2003, Pfiffner i Luka 2003, Szeplińska i in. 2003, Bengtsson i in. 2005, Hole i in. 2005, Fuller i in. 2005). Niektórzy autorzy oczekują, że wprowadzenie tego systemu gospodarowania na obszarach rolniczych pomoże odwrócić niekorzystny trend związany ze spadkiem bioróżnorodności na polach uprawnych na skutek intensyfikacji rolnictwa (van Elsen 2000, Hyvönen 2007).

W Polsce do 1998 r. rozwój rolnictwa ekologicznego był bardzo powolny, gdyż ten sposób gospodarowania nie korzystał z żadnego wsparcia finansowego

ze strony państwa, a rynek produktów ekologicznych był słabo zorganizowany (Kuś i Stalenga 2006). Po wprowadzeniu dotacji do gospodarstw ekologicznych w 1999 r., a następnie po ustawowym uregulowaniu statusu rolnictwa ekologicznego w 2001 r., znacznie zwiększyła się liczba takich gospodarstw. Kolejny dynamiczny wzrost liczby gospodarstw ekologicznych w Polsce, jak też powierzchni użytkowanych ekologicznie, obserwuje się od 2004 r., po wprowadzeniu płatności w ramach Krajowego Programu Rolnośrodowiskowego (Przewodnik... 2009). Zainteresowanie rolnictwem ekologicznym wynika nie tylko z dotacji, ale także rosnącej świadomości konsumentów i ich wymagań w stosunku do jakości żywności. W 2011 r. powierzchnie użytkowane ekologicznie stanowiły około 3,2% ogółu użytków rolnych w Polsce (Rolnictwo ekologiczne... 2012). Dynamiczny rozwój rolnictwa ekologicznego jest obserwowany również w innych krajach UE (Hyvönen 2007). W państwach UE-25 funkcjonuje ponad 190 tys. gospodarstw ekologicznych zajmujących obszar 8,3 mln ha, przy czym najwięcej gospodarstw jest we Włoszech, w Hiszpanii i Grecji (Raport... 2011). W ekologicznym systemie produkcji zagrożenie jakości żywności jest postrzegane znacznie szerzej niż w rolnictwie konwencjonalnym. Za rolę Polski jako potencjalnego eksportera żywności ekologicznej przemawiają: stosunkowo czyste środowisko na przeważającej części kraju, niski stopień chemizacji rolnictwa i duże zasoby siły roboczej. Problemem polskich gospodarstw ekologicznych są jednak: duże rozdrobnienie, nierównomierne rozlokowanie, mała produkcja na rynek, trudności w sprośaniu wymogom atestacji (Krasowicz 2009).

W systemie ekologicznym do regulacji zachwaszczenia wykorzystuje się szeroki wachlarz metod pośrednich i bezpośrednich. Z metod pośrednich o charakterze profilaktycznym podstawowe znaczenie mają: zmianowania o długich rotacjach, z udziałem roślin z różnych grup, dobór odmian charakteryzujących się większą konkurencyjnością w stosunku do chwastów, wykorzystywanie nasion dobrej jakości, stosowanie zasiewów mieszanych, dobór odpowiedniego terminu i gęstości siewu oraz odpowiednia uprawa roli warunkująca szybkie i wyrównane wschody roślin uprawnych (Christensen 1995, Lemerle i in. 1996, Seavers i Wright 1999, Davies i Welsh 2001, O'Donovan i in. 2005, Owczarczuk i in. 2005, Parylak i in. 2006, Adamczewski i Dobrzański 2008, Hoad i in. 2008, Krawczyk i in. 2008, Feledyn-Szewczyk 2009, Kostrzewska i in. 2011, Kolb i Gallandt 2012). Do metod bezpośrednich, stosowanych w łanie rośliny uprawnej, należą metody mechaniczne oraz rzadziej wykorzystywane fizyczne i biologiczne (Lampkin 1990, Sobótka 1997, Kuś 1999, Bond i Grundy 2001, Duer i Feledyn-Szewczyk 2008, Kaczmarek 2009, Kolb i Gallandt 2012). Połączenie tych wszystkich metod powinno stwarzać optymalne warunki dla wzrostu rośliny uprawnej oraz zwiększać jej konkurencyjność w stosunku do chwastów.

Gatunki uprawianych roślin cechują się różną konkurencyjnością w stosunku do chwastów. Niektóre uprawy, np. warzywa, wymagają radykalnego ograniczenia liczby chwastów ze względu na małe zdolności konkurencyjne (Dobrzański i in. 2003). Van Heemst (1985) uszeregował wybrane gatunki roślin uprawnych ze względu na

ich konkurencyjność w stosunku do chwastów. Na pierwszym miejscu znalazła się pszenica, a na ostatnich pozycjach marchew i cebula. Według tego autora, wzajemne oddziaływania chwastów i rośliny uprawnej zależą od konkurencyjności i liczebności chwastów oraz zdolności konkurencyjnych i obsady rośliny uprawnej. Dodatkowo na te relacje wpływają czynniki środowiska obejmujące warunki glebowe i przebieg pogody oraz zabiegi agrotechniczne, głównie poziom nawożenia i ochrony roślin oraz zmianowanie i gęstość siewu.

Na konkurencyjność roślin zbożowych w stosunku do chwastów duży wpływ ma odmiana (Eisele i Köpke 1997, O'Donovan i in. 2005, Owczarczuk i in. 2005, Parylak i in. 2006, Hoad i in. 2008, Krawczyk i in. 2008), co udowodniono również we wcześniejszych badaniach własnych prowadzonych w warunkach systemu ekologicznego (Feledyn-Szewczyk 2009 i 2011). Wykazały one, że zdolności konkurencyjne odmian pszenicy ozimej w stosunku do chwastów w największym stopniu zależały od parametrów ładu, takich jak obsada roślin i masa części nadziemnych pszenicy, a z cech morfologicznych największą rolę odgrywała wysokość roślin. Również badania Weinera i in. (2001) oraz Kapelusznego (2002) potwierdzają supresyjne oddziaływanie obsady roślin na zachwaszczenie ładu pszenicy jarej.

W opinii niektórych autorów stare odmiany pszenicy ozimej mają większą zdolność konkurowania z chwastami niż większość odmian współczesnych (Didon 2002, Feledyn-Szewczyk 2009). Stare odmiany mają korzystne parametry wzrostu i rozwoju wpływające na konkurencyjność z chwastami (powierzchnia liści, stopień rozkrzewienia, wysokość, akumulacja biomasy we wczesnych stadiach rozwojowych), ale niski potencjał plonotwórczy oraz są podatne na choroby liści i kłosa, co ogranicza ich przydatność do uprawy. Natomiast wśród odmian będących aktualnie na Liście Odmian Roślin Rolniczych można znaleźć takie, które posiadają cechy morfologiczne sprzyjające konkurencji z chwastami i jednocześnie charakteryzują się wysokim poziomem plonowania. Spośród sześciu badanych współczesnych odmian pszenicy ozimej, tj.: Sukces, Zyta, Roma, Kobra, Mewa, Korweta, największymi zdolnościami konkurencyjnymi w stosunku do chwastów cechowały się: Sukces, Zyta, Mewa (Feledyn-Szewczyk 2009).

Według Krasowicza (2009), w Polsce ze względu na zróżnicowanie warunków przyrodniczych i organizacyjno-ekonomicznych mogą współistnieć wszystkie trzy przedstawione wcześniej systemy rolnicze, jednak dominujące powinno być rolnictwo zrównoważone, pozwalające na harmonijne kojarzenie celów produkcyjnych, ekonomicznych, ekologicznych i społecznych. W polskim krajobrazie rolniczym zdecydowaną większość stanowią gospodarstwa konwencjonalne i tradycyjne, które powinny realizować zasady zrównoważonego rozwoju i ewoluować w kierunku rolnictwa integrowanego lub ekologicznego (Pruszyński 2009). W opinii Majewskiego (2005) rolnictwo konwencjonalne w Polsce jest bardzo bliskie rolnictwu integrowanemu. System rolnictwa ekologicznego może być alternatywą dla pewnej grupy gospodarstw, zwłaszcza na obszarach cennych przyrodniczo i powinny zająć trwale miejsce w polskim rolnictwie. Zdaniem Pruszyńskiego (2009),

areal upraw ekologicznych i integrowanych jest jednak zbyt mały, aby mógł odegrać istotną rolę w ochronie bioróżnorodności, dlatego bardzo ważne jest odpowiednie kształtowanie środowiska rolniczego poprzez podnoszenie świadomości ekologicznej rolników, upowszechnianie zasad dobrej praktyki rolniczej oraz wiedzy o znaczeniu elementów infrastruktury ekologicznej w gospodarstwie.

#### **2.4. KONCEPCJE I FORMY OCHRONY BIORÓŻNORODNOŚCI NA OBSZARACH ROLNICZYCH**

W literaturze zagranicznej opisywane są dwa podejścia do ochrony bioróżnorodności na obszarach wykorzystywanych rolniczo, które określa się jako „land sharing” i „land sparing” (Phalan i in. 2011). Pierwsze polega na prowadzeniu na jednym obszarze działalności rolniczej mało intensywnej, dającej zwykle niższe plony, ale zapewniającej jednocześnie ochronę zasobów środowiska, w tym bioróżnorodności. Drugie zakłada rozdzielenie powierzchni intensywnie użytkowanych rolniczo od siedlisk naturalnych lub półnaturalnych, które z założenia stanowią rezerwuar różnorodności. Badania prowadzone przez Phalana i in. (2011) w ekosystemach lasów tropikalnych wykazały, że „land sparing” był korzystniejszy dla zachowania bioróżnorodności gatunków drzew i ptaków niż „land sharing”. To podejście pozwalało na ochronę szczególnie cennych gatunków zagrożonych wyginięciem, podczas gdy ekstensywna działalność rolnicza, metodami przyjaznymi dla środowiska, promowała gatunki o szerokim spektrum występowania i mniejszym znaczeniu ekologicznym. Wyniki Phalana i in. (2011) są jednak krytykowane przez innych autorów, którzy uważają, że badania obejmowały ograniczoną liczbę gatunków i ekosystemów, nie brały pod uwagę założeń rolnictwa zrównoważonego ani programów rolnośrodowiskowych, które mają na celu ochronę różnorodności na obszarach wiejskich (Charles i Godfray 2011). W związku z tym istnieje konieczność dalszych intensywnych badań w tym zakresie w innych rejonach świata i siedliskach.

Według niektórych autorów (van Elsen 2000) problemem w ochronie bioróżnorodności agroekosystemów jest zaniechanie działalności rolniczej w rejonach o słabych glebach, przez co wiele gatunków roślin dzikich, związanych z gruntami ornymi, jest narażonych na wyginięcie. Z drugiej strony na glebach żyznych dominuje rolnictwo intensywne, realizowane przeważnie na dużych polach, z małą liczbą uprawianych gatunków roślin i ze względu na chemizację niesprzyjające utrzymaniu różnorodności flory i fauny.

Bioróżnorodność obserwowana na polu zależy nie tylko od warunków siedliskowych i systemu gospodarowania rolniczego, ale także stopnia zróżnicowania otaczającego środowiska i krajobrazu. W badaniach przeprowadzonych przez Gabriel i in. (2005) w Niemczech wykazano, że liczba gatunków chwastów w łąkach pszenicy zależała głównie od heterogeniczności krajobrazu, a w mniejszym stopniu od intensywności gospodarowania, podczas gdy warunki ekologiczne nie różnicowały istotnie bogactwa gatunkowego. Zdaniem Petit i in. (2011), oddziaływanie złożo-



ności krajobrazu na zróżnicowanie gatunkowe roślin jest najsilniejsze w promieniu 300 m, a według Gabriel i in. (2005) nawet 2 km i obejmuje import nasion z siedlisk ruderalnych i innych sąsiadujących z polem uprawnym. Wystąpienie gatunku na polu zależy od sposobu jego rozsiewania się, odległości od najbliższej populacji oraz częstotliwości i ilości gleby przenoszonej między polami (Gerowitt 2003). Dla wielu rzadkich gatunków możliwość transportu między polami jest niewielka, co przemawia za koniecznością stosowania systemów gospodarowania przyjaznych dla środowiska, które będą chroniły bioróżnorodność agroekosystemów. Baessler i Klotz (2006) oraz Gaba i in. (2010) stwierdzili, że różnorodność i liczebność flory segetalnej była odwrotnie proporcjonalna do wielkości pola i wprost proporcjonalna do liczby sąsiadujących działek rolnych, co odpowiada większemu rozdrobnieniu rolnictwa, zwiększającej się różnorodności krajobrazu i istniejących w nim siedlisk.

Heterogeniczność lub homogeniczność otoczenia wpływa też na wielkość efektu w postaci wzrostu bioróżnorodności przy przestawianiu gospodarstwa z konwencjonalnego na ekologiczne oraz skuteczność innych działań, zawartych na przykład w programach rolnośrodowiskowych. Wyniki badań prowadzonych m.in. w Szwajcarii, Niemczech i Szwecji wskazują, że efekt programów rolnośrodowiskowych był mniejszy lub nie był obserwowany, jeśli stosowano je w zróżnicowanym otoczeniu, natomiast większą efektywność obserwowano w mniej złożonym, homogenicznym krajobrazie i rejonach o intensywniejszym rolnictwie (Kleijn i Sutherland 2003, Tschamtkke i in. 2005, Smith i in. 2010). Podobne wyniki uzyskali Roschewitz i in. (2005), którzy wykazali, że wraz ze wzrostem heterogeniczności krajobrazu różnorodność flory w łąkach pszenicy ozimej zwiększała się dużo silniej w gospodarstwach konwencjonalnych niż ekologicznych. Potwierdzają to rezultaty metaanalizy Bengtssona i in. (2005), z których wynika, że pozytywny wpływ systemu ekologicznego na bioróżnorodność był szczególnie duży w odniesieniu do pola, a bardziej zróżnicowane wyniki uzyskiwano na poziomie gospodarstwa i krajobrazu. Badania porównawcze Weibull i in. (2003) prowadzone w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych w Szwecji dowiodły, że różnorodność krajobrazu miała większy wpływ na bogactwo gatunkowe flory niż sposób gospodarowania.

Rolnictwo, które stosuje metody gospodarowania przyjazne dla środowiska przyczynia się do zachowania ekosystemów o dużej różnorodności, które świadczą wiele tzw. usług ekosystemowych („ecosystem services”). Dotyczą one m.in. funkcji pokarmowych, utrzymywania zapylaczy oraz biologicznej kontroli agrofagów (Tschamtkke i in. 2005, Hillebrand i Matthiessen 2009, Karley i in. 2011, Rosin i in. 2011). Według Tschamtkke i in. (2005), w ekosystemach rolniczych poddanych silnej presji człowieka tylko utrzymanie różnorodności odpowiednio dużej grupy organizmów gwarantuje elastyczność i zdolność przywracania równowagi. Gatunki występujące w agrocenozach różnią się potencjalną wartością i wkładem w usługi ekosystemowe (Hyvönen i Huusela-Veistola 2008, Rosin i in. 2011). Zwiększanie bogactwa gatunkowego zwiększa zatem prawdopodobieństwo, że w ogólnej puli znajdzie się gatunek, który wpływa istotnie na funkcjonowanie ekosystemu.

Urozmaicony strukturalnie krajobraz przyczynia się do wzrostu bioróżnorodności agroekosystemu, co zdaniem Tscharnatke i in. (2005) może na poziomie lokalnym kompensować ujemne skutki intensywnego gospodarowania.

Różnorodność gatunkowa flory segetalnej jest zróżnicowana w obrębie pola, zwykle większa na jego obrzeżach niż w środku (Wilson i Aebischer 1995). W badaniach van Elsen (2000) więcej gatunków obserwowano w strefie brzegowej pola, zwłaszcza w bardziej zróżnicowanym siedlisku, zarówno w warunkach systemu ekologicznego, jak i konwencjonalnego. Różnice w liczbie gatunków między brzegiem a środkiem pola były większe w systemie konwencjonalnym (średnio 13 gatunków) niż ekologicznym (średnio 5,5 gatunku). W warunkach bardzo ekstensywnej uprawy obrzeża i środek pola cechuje podobne bogactwo gatunkowe. Badania Smitha i in. (1999) wykazały, że pozostawienie miedzy czy brzegów pola niepoddanych zabiegom zwalczania chwastów nie zwiększa zachwaszczenia pola w sposób, który miałby istotny wpływ na plon rośliny uprawnej, a stanowi cenne ostoje bioróżnorodności.

W ostatnim okresie zwraca się uwagę na potrzebę zachowania i tworzenia w gospodarstwach tzw. infrastruktury ekologicznej, do której zalicza się między innymi miedze, żywopłoty, pasy zarośli śródpolnych, zadrzewienia śródpolne, rowy, sterty kamieni i oczka wodne (Boller i in. 2004, Tscharnatke i in. 2005, Dąbrowski 2006, Dąbrowski i Wysocki 2009). Struktury te służą jako miejsce bytowania, rozwoju, schronienia oraz pozyskiwania pokarmu dla wielu pożytecznych gatunków zwierząt, w tym ptaków i naturalnych wrogów szkodników. Podkreśla się bardzo duże znaczenie tych siedlisk w biologicznej ochronie upraw (van Elsen 2000, Tscharnatke i in. 2005). Wraz ze wzrostem liczby i powierzchni tych siedlisk zwiększa się średnie zagęszczenie dzikich gatunków zapylaczy w krajobrazie rolniczym (Banaszak 1997). Efektywność różnych użytków ekologicznych, położonych na terenie gospodarstwa, w utrzymaniu i wzbogacaniu różnorodności flory i fauny zależy od ich ciągłości w czasie i przestrzeni oraz powiązania z innymi elementami infrastruktury ekologicznej zlokalizowanymi poza gospodarstwem. Zaleca się, aby obszary ekologicznej kompensacji stanowiły przynajmniej 5, a optymalnie 15% obszaru gospodarstwa, co stanowi nawiązanie do koncepcji „land sparing” (Dąbrowski 2006, Dąbrowski i Wysocki 2009). Zdaniem niektórych autorów pozostawienie kilku procent powierzchni gospodarstwa jako naturalne biotopy to jednak zbyt mało przy dominującej powierzchni intensywnie uprawianej, stąd koncepcje integracji produkcji rolniczej i działań chroniących bioróżnorodność w gospodarstwie („land sharing”) (van Elsen 2000). Według Kaule (1991 cyt. za Tscharnatke i in. 2005), około 25% zagrożonych wyginięciem gatunków w Niemczech stwierdzono na 2% obszarów wydzielonych do ochrony bioróżnorodności, podczas gdy pozostałe 75% gatunków znajdowało się na obszarze działalności rolniczej (50% powierzchni kraju) i leśnej (30% powierzchni kraju).

Obszary ekologicznej kompensacji (Ecological Compensation Areas), uregulowane odpowiednimi przepisami, funkcjonują między innymi w gospodarstwach rolnych w Szwajcarii. Wyniki badań przeprowadzonych po 10 latach od wprowadzenia

tych obszarów wykazały, że ich wpływ na bioróżnorodność zależał od grupy organizmów i rodzaju siedliska. Stwierdzono wzrost różnorodności flory, ale jednocześnie dominację gatunków pospolitych, o niskiej wartości biocenotycznej, natomiast programy nie służyły zachowaniu gatunków rzadkich, szczególnie cennych dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów. Efekt w postaci zwiększenia bioróżnorodności na tych obszarach był istotny dla różnych grup owadów i ślimaków, ale słabo zaznaczony w stosunku do pajaków i motyli. Dla tych grup organizmów wymagania programów były niewystarczające dla zwiększenia bioróżnorodności (Knop i in. 2006, Roth i in. 2008, Bühler i Roth 2011).

W Polsce i innych krajach Europy niektóre formy struktur ekologicznych i obszarów ekologicznej kompensacji są uwzględnione w programie rolnośrodowiskowym. Według Kleijna i Shuherlanda (2003), działania ujęte w programach rolnośrodowiskowych powinny być zróżnicowane i odpowiednio dobierane do prostych i bardziej urozmaiconych krajobrazów rolniczych. Dotychczas funkcjonujące, jednolite programy zastosowane w homogenicznym krajobrazie zwiększają liczebność pospolitych, dominujących gatunków dostarczających podstawowych usług ekosystemowych, jak pokarm dla zwierząt, natomiast w heterogenicznym środowisku nie dają efektu w postaci zwiększenia różnorodności szczególnie cennych gatunków spełniających inne ważne funkcje w ekosystemach.

Tryjanowski i in. (2011) zwracają uwagę, że rolnictwo w Polsce i Europie Zachodniej znacznie różni się intensywnością gospodarowania. Dzięki swoistemu „zacofaniu” krajobraz rolniczy w Polsce jest stosunkowo heterogeniczny, a populacje wielu zagrożonych w Europie gatunków flory i fauny są ciągle liczne. Skuteczność programów rolnośrodowiskowych jest bardzo zróżnicowana, prawdopodobnie z powodu ich sztywnych i jednocześnie zbyt prostych reguł pasujących bardziej do silnie uproszczonych terenów rolniczych większości krajów Europy Zachodniej, ale znacznie słabiej do bardzo zróżnicowanych pod względem struktury środowiska gospodarstw w naszym kraju. Zdaniem tych autorów programy rolnośrodowiskowe powinny być lepiej dostosowane do warunków danego kraju i bardziej ukierunkowane, co jest brane obecnie pod uwagę przez decydentów przy tworzeniu nowego programu na lata 2014–2020.

## **2.5. ZNACZENIE BADAŃ NAD RÓŻNORODNOŚCIĄ GATUNKOWĄ FLORY TOWARZYSZĄCEJ ROŚLINOM UPRAWIANYM NA CELE ENERGETYCZNE**

Nowym sposobem użytkowania gruntów jest uprawa wieloletnich roślin z przeznaczeniem na cele energetyczne. Wiąże się ona dodatkowo z korzyściami dla środowiska w postaci zmniejszania emisji gazów cieplarnianych, sekwestracji węgla w glebie, ograniczania erozji i wymywania składników pokarmowych oraz fitoremediacji zanieczyszczonych gleb (Szczukowski i in. 2001, Faber 2008, Kocoń i Matyka 2012). Ich wpływ na środowisko zależy od gatunku uprawianych roślin,

wcześniejszego sposobu użytkowania ziemi, stosowanych praktyk rolniczych, wielkości i przestrzennego rozmieszczenia upraw oraz stopnia zintegrowania z regionalnym krajobrazem (Britt 2003, EEA 2006).

Roślinami, które mogą być uprawiane na cele energetyczne są między innymi wieloletnie rośliny lignocelulozowe, takie jak: wierzba wiciowa (*Salix viminalis*), topola (*Populus* sp.), robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*). Ponadto wzrasta zainteresowanie uprawą traw wieloletnich, głównie miskanta (*Miscanthus* spp.), ale także innych gatunków: spartiny preriowej (*Spartina pectinata*), mozgi trzcinowatej (*Phalaris arundinacea*), palczatki Gerarda (*Andropogon gerardii*), prosa różgowatego (*Panicum virgatum*). Kolejną grupą roślin, które mogą być wykorzystywane na cele energetyczne, są byliny, m.in. ślazier pensylwański (*Sida hermaphrodita*) i topinambur (*Helianthus tuberosus*). Wymienione gatunki roślin różnią się cechami morfologicznymi, fizjologicznymi, wymaganiami agrotechnicznymi oraz stwarzają różne siedlisko dla towarzyszących gatunków flory i fauny (Lewandowski i in. 2000, Budzyński i Bielski 2004, Majtkowski 2007, Kuś i in. 2008).

Według Fabera (2008), najwięcej obaw związanych z wielkoobszarowymi nasadzeniami roślin energetycznych, obok wyczerpywania zasobów wód, budzi ich potencjalny wpływ na bioróżnorodność. Uważa się, że uprawa wieloletnich roślin z grupy drzew i krzewów oddziałuje korzystniej na bioróżnorodność ze względu na mniejszą intensywność zabiegów agrotechnicznych i mniejsze zużycie chemicznych środków produkcji w porównaniu z intensywnymi technologiami stosowanymi w uprawach roślin jednorocznych (Britt 2003, Cunningham i in. 2004, EEA 2006, Semere i Slater 2007). Inne stanowisko prezentują Sage i in. (1994), którzy uważają, że fizyczna struktura ładu, szybkie tempo wzrostu, zagęszczenie, stosowane herbicydy i nawożenie oraz zbiór w regularnych odstępach czasu powoduje, że siedlisko roślin uprawianych na cele energetyczne generalnie nie sprzyja różnorodności flory i fauny. Sage (1998) zwraca uwagę, że potencjał tych plantacji dla zachowania bioróżnorodności zależy od podejścia do ochrony roślin i zużycia chemicznych środków produkcji. Uprawy roślin na cele energetyczne mogą przyczyniać się do różnicowania krajobrazu i tworzenia nowych siedlisk, ale zdaniem Rowe i in. (2009) wielkoobszarowe monokultury wieloletnich roślin energetycznych mają negatywny wpływ na walory estetyczne krajobrazu rolniczego, gdyż stanowią wizualne bariery ograniczające jego otwarty charakter. Według Anioł-Kwiatkowskiej i in. (2009), uprawy te, mimo ważnej roli gospodarczej, nie są pożądanym elementem krajobrazu i stanowią jego istotne zaburzenie.

W krajowej literaturze naukowej obserwuje się wzrost liczby opracowań na temat zbiorowisk roślinnych występujących w uprawach roślin energetycznych, ponieważ badania z tego zakresu są podejmowane przez nowe placówki naukowe. Najwięcej prac dotyczy wierzby wiciowej, przy czym wiele z nich w kontekście regulacji zachwaszczenia (Rola i in. 2006, Sekutowski i in. 2007, Skrzypczak i in. 2008, Rola i in. 2009, Sekutowski i Rola 2009). Wyniki badań krajowych wskazują na dużą bioróżnorodność flory towarzyszącej uprawom wierzby wicio-

wej (Korniak 2007, Rola i in. 2007b, Trąba i in. 2007, Wnuk i Ziaja 2007, Korniak i in. 2009, Trąba i in. 2009). Potwierdzają one wyniki badań zagranicznych, prowadzonych między innymi w Wielkiej Brytanii i Szwecji, które wykazały, że uprawa ta przyczyniała się do wzrostu bogactwa flory w porównaniu z gruntami ornymi, jak również wywierała pozytywny wpływ na różnorodność ptaków i bezkręgowców (Börjesson 1999, Cunnigham i in. 2004, Fry i in. 2008, Rowe i in. 2009).

Z mniej licznych prac dotyczących oddziaływania innych gatunków roślin przeznaczonych na cele energetyczne na bioróżnorodność wynika, że uprawa miskanta i pozostałych traw wieloletnich może stanowić gorsze siedlisko dla flory i fauny niż wierzba (Lewandowski i in. 2000, Rowe i in. 2009, Tuomisto i in. 2012). Plantacje miskanta sprzyjają natomiast większej różnorodności ptaków i ssaków w porównaniu z typowymi uprawami rolniczymi oraz innymi trawami wieloletnimi dzięki strukturze ładu, która tworzy więcej nisz ekologicznych (Jodl i in. 1998, Semere i Slater 2007). W badaniach Felten i Emmerling (2011) liczba gatunków dżdżownic w uprawie miskanta była pośrednia pomiędzy intensywnie uprawianymi zbożami, rzepakiem i kukurydzą oraz użytkami zielonymi i odłogami i nie różniła się istotnie od tych grup roślin. Według Börjessona (1999), zastępowanie upraw jednorocznych przez rośliny wieloletnie oddziałuje na bioróżnorodność na poziomie genetycznym, gatunkowym i siedliskowym. Różnorodność mikroorganizmów i fauny glebowej jest większa w roślinach uprawianych na cele energetyczne niż w typowych uprawach rolniczych, głównie ze względu na zaniechanie uprawy gleby, większą ilość resztek organicznych oraz mniejsze zużycie agrochemikaliów. Uprawa wierzby sprzyja też występowaniu zapylaczy, którym męskie osobniki wierzby dostarczają pyłku wczesną wiosną, w okresie jego braku na innych uprawach i roślinach dzikich (Börjesson 1999).

Do zagrożeń związanych z wprowadzaniem upraw na cele energetyczne, m.in. wierzby, Börjesson (1999) zalicza ryzyko rozpowszechniania chorób i szkodników, przy czym stosowanie chemicznej ochrony jest trudne do wykonania w wysokim i zwartym łanie, kosztowne i obniża wartość proekologiczną plantacji. Problemem związanym z uprawą roślin energetycznych na dużą skalę jest również możliwość krzyżowania (hybrydyzacji) dzikich klonów *Salix* z innymi, wprowadzanymi do uprawy.

Anioł-Kwiatkowska i Śliwiński (2009) zwracają uwagę, że niektóre z uprawianych gatunków roślin na cele energetyczne mogą naruszać przepisy Ustawy o ochronie przyrody, która zabrania wprowadzania do środowiska przyrodniczego i przemieszczania się w nim obcych gatunków roślin i ich form rozwojowych, gdyż są gatunkami inwazyjnymi, np. rdestowce (*Reynoutria* sp.), bądź wymagają monitorowania ich rozprzestrzeniania się, jak: miskant (*Miscanthus* sp.) czy ślaziowiec pensylwański (*Sida hermafrodita*) (Ustawa... 2004). Ze względu na nieznany wpływ wielu gatunków roślin wykorzystywanych na cele energetyczne na środowisko i bioróżnorodność istnieje potrzeba dalszych intensywnych i wieloletnich badań w tym zakresie (Majtkowski 2007, Wnuk i Ziaja 2007, Faber 2008, Duer i Feledyn-Szewczyk 2009).

### 3. MATERIAŁ I METODY

#### 3.1. OCENA RÓŻNORODNOŚCI GATUNKOWEJ FLORY SEGETALNEJ TOWARZYSZĄCEJ ROŚLINOM UPRAWIANYM W RÓŻNYCH SYSTEMACH GOSPODAROWANIA

Badania przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach (woj. lubelskie) [N: 51°28', E: 22°4'], na doświadczeniu polowym założonym w 1994 r., którego celem było porównanie różnych systemów produkcji rolnej: ekologicznego, integrowanego, konwencjonalnego i monokultury pszenicy ozimej będącej skrajnym uproszczeniem systemu konwencjonalnego (Kuś 1998). Doświadczenie zlokalizowano na glebie płowej wytworzonej z gliny zwałowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego lub mocnego, klasy bonitacyjnej IIIa–IVa oraz kompleksu pszennego dobrego i żytniego bardzo dobrego. Doświadczenie prowadzone było w jednym powtórzeniu, polami wszystkich roślin jednocześnie, a powierzchnia poszczególnych pól wynosiła 1 ha. Odczyn gleby zbliżony był do obojętnego, zasobność w fosfor i potas – na średnim poziomie, a zawartość próchnicy wynosiła około 1,5%. W każdym z systemów zastosowano odpowiedni płodozmian oraz zabiegi agrotechniczne dostosowane do jego specyfiki (tab. 1).

W systemie ekologicznym rośliny uprawiano w zmianowaniu 5-polowym: ziemniak, pszenica jara z wsiewką – mieszanka koniczyn z trawami (I rok), mieszanka koniczyn z trawami (II rok), pszenica ozima + międzyplon (mieszanka z dużym udziałem roślin strączkowych). W skład mieszanki koniczyn z trawami wchodziły: koniczyna czerwona ( $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), koniczyna biała ( $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), kostrzewa łąkowa ( $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), życica trwała ( $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Zgodnie z założeniami ekologicznego sposobu gospodarowania nie stosowano syntetycznych nawozów mineralnych ani chemicznych środków ochrony roślin. Nawożenie organiczne stanowił kompost w dawce  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , zastosowany jeden raz w rotacji zmianowania pod ziemniak oraz przyorywane resztki poźniwe 2-letnich koniczyn z trawami i międzyplon po pszenicy ozimej. Ograniczanie zachwaszczenia polegało na oddziaływaniu całego zmianowania, 2–3-krotnym bronowaniu pszenicy ozimej, stosowaniu wsiewki koniczyn z trawami w pszenicy jarej oraz obredlaniu i ręcznym pieleniu ziemniaka.

W systemie integrowanym rośliny uprawiano w zmianowaniu 4-polowym: ziemniak, pszenica jara + międzyplon (gorczyca), roślina strączkowa, pszenica ozima + międzyplon (gorczyca) (tab. 1). Stosowano zrównoważone nawożenie mineralno-organiczne dostosowane do potrzeb roślin i zasobności gleby. Strategia regulacji zachwaszczenia w tym systemie polegała na ograniczaniu liczby zabiegów herbicydowych, przeprowadzaniu ich w oparciu o progi szkodliwości oraz zastępowaniu zabiegami mechanicznymi.

Tabela 1

Ważniejsze elementy agrotechniki pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania (1996–2011)  
 Major elements of the agricultural practices in winter wheat in different farming systems (1996–2011)

Wyszczególnienie; Specification	System gospodarowania; Crop production system			monokultura; monoculture
	ekologiczny; organic	integrowany; integrated	konwencjonalny; conventional	
Zmianowanie; Crop rotation	ziemniak, jęczmień jary/pszenica jara od 2005 r. + wsiewka koniczyn z trawami (1 rok)*, koniczyny z trawami (2 rok)*, pszenica ozima + międzyplon ; potatoe, spring barley/spring wheat from 2005 + undersown clovers and grasses (1 year)* , clovers and grasses (2 year)*,** winter wheat + catch crop	ziemniak, jęczmień jary/pszenica jara od 2005 r. + międzyplon*** , bobik lub łubin wąskolistny, pszenica ozima + międzyplon potatoe, spring barley/spring wheat from 2005 + catch crop faba bean or blue lupine, winter wheat + catch crop	rzepak ozimy, pszenica ozima, jęczmień jary/ pszenica jara od 2005 r.; winter rape, winter wheat, spring barley/ spring wheat from 2005	pszenica ozima; winter wheat
Zaprawianie nasion; Seed dressing	-	+	+	
Nawożenie organiczne; Organic fertilization	kompost (30 t·ha <sup>-1</sup> ) pod ziemniak + międzyplon; compost (30 t·ha <sup>-1</sup> ) under potatoe + catch crop	kompost (30 t·ha <sup>-1</sup> ) pod ziemniak + 2 × międzyplon; compost (30 t·ha <sup>-1</sup> ) under potatoe + 2 × catch crop	słoma rzepaku ozimego, słoma pszenicy ozimej; winter rape straw, winter wheat straw	słoma pszenicy ozimej (co 2 lata); winter wheat straw (every 2 years)
Nawożenie mineralne; Mineral fertilization (kg·ha <sup>-1</sup> )	stosownie do wyników analiz gleby dozwolone nawozy P i K; according to the results of soil analysis, allowed P and K fertilizers: 42 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 75 kg K <sub>2</sub> O	NPK (85 + 55 + 65)	NPK (140 + 60 + 80)	

cd. tab. 1

Wyszczególnienie; Specification	System gospodarowania; Crop production system		
	ekologiczny; organic	integrowany; integrated	konwencjonalny; conventional
Fungicydy; Fungicide	-	2×	2-3×
Retardanty; Retardants	-	1-2×	2×
Regulacja zachwaszczenia; Weed control	brona chwastownik; weeding harrow 2-3×	brona chwastownik; weeding harrow 1×	herbicydy; herbicides 2-3×

\* koniczyna czerwona + koniczyna biała + kostrzewa łąkowa + życica trwała; red clover + white clover + meadow fescue + perennial ryegrass

\*\* mieszanka z dużym udziałem roślin strączkowych; mixture with large share of legumes

\*\*\* gorczyca biała; white mustard



System konwencjonalny występował w dwóch wariantach: zmianowanie 3-polo-we – rzepak ozimy, pszenica ozima, pszenica jara oraz monokultura pszenicy ozimej (tab. 1). W obu tych obiektach rośliny uprawiano według intensywnych technologii opracowanych w IUNG-PIB, tzn. stosowano wysokie nawożenie mineralne w połączeniu z przyorywaniem słomy oraz pełną chemiczną ochronę roślin.

W latach 1996–2011 przeprowadzono badania bioróżnorodności flory segetalnej w łańcach pszenicy ozimej uprawianej we wszystkich systemach gospodarowania. Na polu pszenicy ozimej w każdym z systemów uprawiano 4 jednakowe odmiany, które wymieniało się co 3 lata, przy czym do porównania przyjęto wartości średnie dla gatunku. Normy wysiewu i terminy siewu pszenicy ozimej były jednakowe we wszystkich systemach, optymalne dla odmiany i rejonu uprawy. Zabiegi agrotechniczne przeprowadzono zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej.

Jednym z różnicujących elementów agrotechniki pszenicy ozimej w porównywanych systemach był sposób ograniczania zachwaszczenia (tab. 1). W systemie ekologicznym polegał on na oddziaływaniu całego zmianowania oraz mechanicznym zwalczaniu chwastów za pomocą brony chwastownika stosowanej zwykle jeden raz jesienią i dwa razy wiosną, w zależności od nasilenia zachwaszczenia. W systemie konwencjonalnym i monokulturze wykonano 2–3 chemiczne zabiegi regulacji zachwaszczenia za pomocą różnych herbicydów, stosownie do stopnia zachwaszczenia pola, natomiast w integrowanym systemie produkcji mechaniczne zwalczanie chwastów uzupełniono stosowaniem herbicydów (1–2 zabiegi).

Liczba i rodzaj zabiegów regulujących zachwaszczenie w poszczególnych systemach i sezonach wegetacyjnych była zróżnicowana w zależności od przebiegu pogody, która rzutowała na liczbę mechanicznych zabiegów (bronowania) oraz możliwość stosowania herbicydów i ich efektywność. W niektóre lata nie było możliwości wykonania bronowania jesienią ze względu na warunki pogodowe i wówczas mechaniczną pielęgnację ograniczono do bronowania wiosennego.

W latach 2007 oraz 2011–2012 przeprowadzono badania bioróżnorodności flory w uprawie wszystkich roślin wchodzących w skład zmianowań w badanych systemach gospodarowania. W 2012 r. ze względu na słabe przezimowanie pszenicy ozimej została ona przesiana pszenicą jarą. Sposób i terminy regulacji zachwaszczenia w roślinach uprawianych w różnych systemach gospodarowania zostały przedstawione w tabeli 2.

Wykaz herbicydów stosowanych w sezonach 2006/2007, 2010/2011 i 2011/2012 oraz ich charakterystykę zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 2

Zabiegi regulacji zachwaszczenia w roślinach uprawianych w różnych systemach gospodarowania  
Weed control measures in crops cultivated in different farming systems

System gospodarowania; Farming system	Roślina uprawna; Crop	Rodzaj zabiegu i data; Type of measure and date					
		2006/2007		2010/2011		2011/2012	
		data; date	zabieg; measure	data; date	zabieg; measure	data; date	zabieg; measure
System gospodarowania; Farming system	pszenica ozima; winter wheat	13.10.06 13.03.07 17.03.07	3-krotne bronowania broną chwastownik; 3 times harrowing	22.11.10 19.03.11	2-krotne bronowania broną chwastownik; twice harrowing	02.05.12 09.05.12 19.05.12	3-krotne bronowania broną chwastownik; 3 times harrowing
	pszenica jara z wsiewką; spring wheat with undersown crop	-	-	-	-	-	-
	ziemniak; potatoo	25.04.07 10.05.07 21.05.07 08.06.07	obredlanie; hilling motyczenie i ręczne odchwaszczanie; hoeing + hand weeding	10.05.11 25.05.11 17.06.11 04.07.11	obredlanie; hilling motyczenie i ręczne odchwaszczanie; hoeing + hand weeding	22.05.12 18.06.12 03.07.12	obredlanie; hilling motyczenie i ręczne odchwaszczanie; hoeing + hand weeding
	koniczyny + trawy (1 rok); clovers + grasses (1 year)	-	-	-	-	-	-
Ekologiczny; Organic	koniczyny + trawy (2 rok); clovers + grasses (2 year)	-	-	-	-	-	-

cd. tab. 2

System gospodarowania; Farming system	Roślina uprawna; Crop	Rodzaj zabiegu i data; Type of measure and date					
		2006/2007		2010/2011		2011/2012	
		data; date	zabieg; measure	data; date	zabieg; measure	data; date	zabieg; measure
	pszenica ozima; winter wheat	11.10.06	Glean 75 WG (25 g·ha <sup>-1</sup> ) Starane 250 EC (0,4 l·ha <sup>-1</sup> )	15.11.10	Alistar Grande 190 OD (0,8 l·ha <sup>-1</sup> ), bronowanie broną chwastownic; harrowing	02.05.12	bronowanie broną chwastownic; harrowing, Mustang Forte (0,8 l·ha <sup>-1</sup> ), Axial (0,45 l·ha <sup>-1</sup> )+ Adigor (1,35 l·ha <sup>-1</sup> )
		13.04.07		01.04.11		14.05.12	
Integrowany; Integrated	pszenica jara; spring wheat	26.04.07	Mustang 306 SC (0,6 l·ha <sup>-1</sup> ), Chwastox Turbo 340 SL (2,5 l·ha <sup>-1</sup> )	20.05.11	Aminopielik D 450 SL (3,0 l·ha <sup>-1</sup> )	14.05.12	Chwastox Turbo 340 SL (2 l·ha <sup>-1</sup> )
		24.05.07					
	łubin wąskolistny; blue lupine (2007) bobik; faba bean (2011–2012)	30.03.07	Afalon Dyspersyjny (1,01 l·ha <sup>-1</sup> ) + Command (90 ml·ha <sup>-1</sup> )	07.04.07	Afalon Dyspersyjny 450 SC (2 l·ha <sup>-1</sup> )	13.04.12	Harier 295ZC (1,5 l·ha <sup>-1</sup> )
		24.05.07	Fusilade Forte (1 l·ha <sup>-1</sup> )				
	ziemniak; potatoo	25.04.07	obredlanie; hilling,	10.05.07	obredlanie; hilling,	22.05.12	obredlanie; hilling,
		10.05.07	Afalon Dyspersyjny	18.05.07	Afalon Dyspersyjny	18.06.12	Titus 25 WG
		15.05.07	450 SC (1,01 l·ha <sup>-1</sup> ) + Command 480 EC (90 ml·ha <sup>-1</sup> ), obredlanie + ręczne odchwaszczanie; hilling+hand weeding	19.05.07	450 SC (1 l·ha <sup>-1</sup> ) + Command 480 EC (0,1 l·ha <sup>-1</sup> )	19.06.12	(60 g·ha <sup>-1</sup> ), ręczne odchwaszczanie; hand weeding
		8.06.07				03.07.12	

cd. tab. 2

System gospodarowania; Farming system		Rodzaj zabiegu i data; Type of measure and date		2006/2007		2010/2011		2011/2012	
				data; date	zabieg; measure	data; date	zabieg; measure	data; date	zabieg; measure
Roślina uprawna; Crop									
Konwencjonalny; Conventional	rzepak ozimy; winter rape	28.08.06	Alanex 480 EC (3,8 l·ha <sup>-1</sup> ) + Kalif 480 EC (0,15 l·ha <sup>-1</sup> )	24.08.10	Colzor Trio 405 EC (3,5 l·ha <sup>-1</sup> )	28.05.12	Galera 334 SL (0,35 l·ha <sup>-1</sup> ) + Targa Super 05 EC (0,8 l·ha <sup>-1</sup> )		
	pszenica ozima; winter wheat	11.10.06	Maraton 375 SC (4,0 l·ha <sup>-1</sup> ), Starane (0,4 l·ha <sup>-1</sup> ), Puma Universal (1 l·ha <sup>-1</sup> )	15.11.10	Alistar Grande 190 OD (0,8 l·ha <sup>-1</sup> ), Aminopielik D-450 SL (3,0 l·ha <sup>-1</sup> )	14.05.12	Mustang Forte 195 SE (0,8 l·ha <sup>-1</sup> ), Axial (0,45 l·ha <sup>-1</sup> ) + Adigor 440 EC (1,35 l·ha <sup>-1</sup> )		
		13.04.07 23.04.07		11.05.11		12.06.12			
Monokultura; Monoculture	pszenica jara; spring wheat	26.04.07	Mustang 306 SE (0,6 l·ha <sup>-1</sup> ), Mustang 306 SE (0,6 l·ha <sup>-1</sup> )	10.05.11	Aminopielik D-450 SL (3,0 l·ha <sup>-1</sup> ), Aminopielik D-450 SL (2,5 l·ha <sup>-1</sup> )	14.05.12	Mustang Forte 195 SE (0,8 l·ha <sup>-1</sup> ), Axial 100 EC (0,45 l·ha <sup>-1</sup> ) + Adigor 440 EC (1,35 l·ha <sup>-1</sup> )		
		23.05.07		17.05.11		12.06.12			
		11.10.06	Maraton 375SC (4 l·ha <sup>-1</sup> ), Puma Universal 069 EW (1 l·ha <sup>-1</sup> ), Starane 250 EC (0,5 l·ha <sup>-1</sup> )	15.11.10	Alistar Grande 190 OD (0,8 l·ha <sup>-1</sup> ), Aminopielik D 450 SL (3 l·ha <sup>-1</sup> )	14.05.12	Mustang Forte 195 SE (0,8 l·ha <sup>-1</sup> ), Axial 100 EC (0,45 l·ha <sup>-1</sup> ) + Adigor 440 EC (1,35 l·ha <sup>-1</sup> )		
		26.04.07		11.05.11		12.06.12			
		21.05.07							

Tabela 3

Herbicydy stosowane w latach 2006–2012 oraz ich charakterystyka według etykiety – instrukcji stosowania środka  
Herbicides applied in 2006–2012 and their characteristics according to the label – instruction of herbicide using

Herbicydy; Herbicide	Substancja aktywna (s.a.); Active ingredient (a.i.)	Zawartość s.a. Content of a.i. (g·dm <sup>-3</sup> )	Toksyczność dla ludzi* Human toxicity	Zwalczane chwasty** Controlled weeds
Afalon Dyspersyjny 450 SC	linuron; linuron	450	T	2
Alanex 480 EC	alachlor; alachlor	480	Sz	1 + 2
Alister Grande 190 OD	diflufenikan + jodosulfuron metylosodowy + mezosulfuron metylowy; diflufenican + iodosulfuron-methyl-sodium + mesosulfuron-methyl	180 + 4,5 + 6	D	1 + 2
Aminopielik D 450 SL	2,4-D + dikamba; 2,4-D + dicamba	417,5 + 32,5	Sz	1 + 2
Axial 100 EC	pinoksaden; pinoksaden	100	D	1
Chwastox D 179 SL	MCPA + dikamba; MCPA + dicamba	161 + 17,8	D	2
Chwastox Trio 540 SL	mekoprop + MCPA + dikamba; mecoprop + MCPA + dicamba	300 + 200 + 40	Sz	2
Chwastox Turbo 340 SL	MCPA + dikamba; MCPA + dicamba	300 + 40	Sz	2
Colzor Trio 405 EC	dimetachlor + chlomazon + napropamid; dimethachlor + clomazone + napropamide	187,5 + 30 + 187,5	D	1 + 2
Command 480 EC	chlomazon; clomazone	480	Sz	1 + 2
Fusilade Forte 150 EC	fluazyfop-P-butylowy; fluazifop-P-butyl	150	Sz	1
Galera 334 SL	chlopyralid + pikloram; clopyralid + picloram	267 + 67	D	1 + 2

cd. tab. 3

Herbicyd; Herbicide	Substancja aktywna (s.a.); Active ingredient (a.i.)	Zawartość s.a. Content of a.i. (g·dm <sup>-3</sup> )	Toksyczność dla ludzi* Human toxicity	Zwalczane chwasty** Controlled weeds
Glean 75 WG	chlorsulfuron; chlorsulfuron	75%	D	1 + 2
Harier 295 ZC	chlomazon + linuron; clomazone + linuron	45 250	T	1 + 2
Kalif 480 EC	chlomazon; clomazone	480	D	1 + 2
Maraton 375 SC	penidimetalina + izoproturon; penidimetalina + isoproturon	250 + 125	D	1 + 2
Mustang 306 SE	florasulam + 2,4-D EHE; florasulam + 2,4-D 2-ethylhexyl ester	6,25 + 300	Sz	1 + 2
Mustang Forte 195 SE	florasulam + aminopyralid + 2,4-D; florasulam + aminopyralid + 2,4-D	5 + 10 + 180	Sz	2
Puma Universal 069 EW	fenoksaprop-P-etylu; fenoxaprop-P-etyl	69	Sz	1
Starane 250 EC	fluroksypyr; fluroxypyr	250	Sz	2
Targa Super 05 EC	chizalofop-P-etylowy; quizalofop-P-ethyl	50	Sz	1
Titus 25WG	rimsulfuron; rimsulfuron	25%	D	1 + 2

\* T – toksyczny; toxic, Sz – szkodliwy; harmful, D – drażniący; irritant

\*\* 1 – jednoliścienne; monocotyledonous, 2 – dwuliścienne; dicotyledonous

Największą ilość substancji aktywnej wprowadzono z herbicydami w monokulturze pszenicy ozimej (tab. 4). W systemie integrowanym oprócz mniejszej liczby zabiegów stosowano częściej herbicydy nowej generacji, zalecane do stosowania w mniejszych dawkach na jednostkę powierzchni.

Tabela 4

Ilość substancji aktywnej (g) w herbicydach zastosowanych do regulacji zachwaszczenia w badanych systemach gospodarowania i latach badań  
The amount of active substance (g) in the herbicides used for weed control in tested farming systems and years of research

System gospodarowania; Farming system	Roślina uprawna; Crop	Sezon wegetacyjny; Growing season			Suma z 3 sezonów; Sum of 3 seasons
		2006/2007	2010/2011	2011/2012	
Integrowany; Integrated	pszenica ozima; winter wheat	118,8	152,4	201,0	472,2
	pszenica jara; spring wheat	1033,9	1350,0	680,0	3063,9
	łubin wąskolistny; blue lupine (2007) bobik; faba bean (2011–2012)	648,2	900,0	442,5	1990,7
	ziemniak; potatoe	88,7	498,0	15,0	601,7
	razem; total	1889,6	2900,4	1338,5	6128,5
Konwencjonalny; Conventional	rzepak ozimy; winter rape	1896,0	1417,5	157,0	3470,5
	pszenica ozima; winter wheat	1669,0	1502,4	201,0	3372,4
	pszenica jara; spring wheat	367,8	2475,0	201,0	3043,8
	razem; total	3932,8	5394,9	559,0	9886,7
Monokultura; Monoculture	pszenica ozima; winter wheat	1694,0	1502,4	201,0	3397,4

### 3.2. OCENA RÓŻNORODNOŚCI GATUNKOWEJ FLORY TOWARZYSZĄCEJ ROŚLINOM UPRAWIANYM NA CELE ENERGETYCZNE

Ocenę różnorodności flory towarzyszącej wieloletnim roślinom uprawianym na cele energetyczne przeprowadzono w latach 2010–2012 na plantacjach eksperymentalnych zlokalizowanych w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach, w sąsiedztwie doświadczenia z różnymi systemami gospodarowania scharakteryzowanego w podrozdziale 3.1.

W badaniach uwzględniono 10 gatunków roślin z 3 grup: drzewa i krzewy – wierzba wiciowa (*Salix viminalis*), topola (*Populus* sp.), robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*); byliny dwuliścienne – ślaziolec pensylwański (*Sida hermaphrodita*)

i topinambur (słonecznik bulwiasty) (*Helianthus tuberosus*) oraz trawy wieloletnie – miskant (*Miscanthus* sp.), proso różgowe (*Panicum virgatum*), palczatka Gerarda (*Angropogon gerardii*), spartina preriowa (*Spartina pectinata*) i mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea*) (tab. 5).

Tabela 5

Wybrane elementy agrotechniki roślin uprawianych na cele energetyczne  
Selected elements of the agricultural practices of plants cultivated for energy purposes

Typ uprawy; Type of crop	Gatunek rośliny uprawnej; Crop species	Opis użytkowania; Description of use	Rok założenia plantacji; The year of plantation establishment	Obsada roślin lub ilość wysiewu; Density of plants or sowing rate
Drzewa i krzewy; Trees and bushes	wierzba wiciowa; basket willow	zbierana co roku; harvested every year	2004	40 tys. zrzesów·ha <sup>-1</sup> ; 40 thous. cuttings·ha <sup>-1</sup>
	wierzba wiciowa; basket willow	zbierana co 3 lata; harvested every 3 years	2004	40 tys. zrzesów·ha <sup>-1</sup> ; 40 thous. cuttings·ha <sup>-1</sup>
	wierzba wiciowa; basket willow	zebrana po 5 latach; harvested after 5 years	2006	30 tys. zrzesów·ha <sup>-1</sup> ; 30 thous. cuttings·ha <sup>-1</sup>
	topola AF2; poplar AF2	zbierana co roku; harvested every year	2008	8 tys. roślin·ha <sup>-1</sup> ; 8 thous. plants·ha <sup>-1</sup>
	robinia akacjowa; false acacia	zbierana co roku; harvested every year	2008	17 tys. roślin·ha <sup>-1</sup> ; 17 thous. plants·ha <sup>-1</sup>
Byliny dwuliścienne; Perennial dicotyledonous	ślazowiec pensylwański uprawiany z sadzonek; virginia mallow cultivated from seedlings	zbierany co roku; harvested every year	2004	20 tys. sadzonek·ha <sup>-1</sup> ; 20 thous. cuttings·ha <sup>-1</sup>
	ślazowiec pensylwański uprawiany z nasion; virginia mallow cultivated from seeds	zbierany co roku; harvested every year	2004	1,5 kg nasion·ha <sup>-1</sup> ; 1,5 kg seeds·ha <sup>-1</sup>
	topinambur; Jerusalem artichoke	zbierany co roku; harvested every year	2004	40 tys. bulw·ha <sup>-1</sup> 40 thous. tubers·ha <sup>-1</sup>



cd. tab. 5

Typ uprawy; Type of crop	Gatunek rośliny uprawnej; Crop species	Opis użytkowania; Description of use	Rok założenia plantacji; The year of plantation establishment	Obsada roślin lub ilość wysiewu; Density of plants or sowing rate
Trawy wieloletnie; Perennial grasses	miskant (M-115); miscanthus (M-115)	zbierany co roku zwykle przed zimą, pole ściółkowano słomą jako ochrona przed przemarzaniem; harvested every year, usually before winter, mulching with straw as protection against frost was used	2004	15 tys. sadzonek·ha <sup>-1</sup> ; 15 thous. cuttings·ha <sup>-1</sup>
	mozga trzcinowata; reed canary grass	zbierana co roku; harvested every year	2004	uprawiana z siewu, 20 kg nasion·ha <sup>-1</sup> ; grown from seeds, 20 kg seeds·ha <sup>-1</sup>
	proso różgowate; switchgrass	zbierana co roku; harvested every year	2008	22 tys. roślin·ha <sup>-1</sup> ; 22 thous. plants·ha <sup>-1</sup>
	palczatka Gerarda; big bluestem	zbierana co roku; harvested every year	2008	22 tys. roślin·ha <sup>-1</sup> ; 22 thous. plants·ha <sup>-1</sup>
	spartina preriowa; prairie cordgrass	zbierana co roku; harvested every year	2008	11 tys. roślin·ha <sup>-1</sup> ; 11 thous. plants·ha <sup>-1</sup>

Plantacje o powierzchni 200–700 m<sup>2</sup> założono w latach 2004–2008 na gruntach ornych o takich samych warunkach glebowych, jak doświadczenie z systemami gospodarowania omówione w podrozdziale 3.1. Analizowano różnorodność flory segetalnej na trzech plantacjach wierzby odmiany Tora różniących się częstotliwością zbioru. Plantacje wierzby zbieranej co roku oraz co 3 lata założono w 2004 r. Trzeci obiekt stanowiła wierzba zasadzona w 2006 r. i zebrana w 2011 r. (tab. 5). W badaniach uwzględniono dwa obiekty ślazuwca pensylwańskiego: pierwszy z rozsady, a drugi z nasion wysiewanych bezpośrednio do gruntu. Trawy wieloletnie o szlaku fotosyntezy typu C<sub>4</sub> (miskant, proso różgowate, palczatka Gerarda i spartina preriowa) uprawiano z rozsady, a mozgę trzcinowatą z nasion. Plantacje miskanta i mozgi trzcinowatej założono w 2004 r., a pozostałych traw wieloletnich w 2008 r. (tab. 5).

W latach prowadzenia badań nie wykonano żadnych chemicznych zabiegów regulacji zachwaszczenia w roślinach uprawianych na cele energetyczne. Zabiegi takie przeprowadzono w pierwszym roku po założeniu plantacji. We wszystkich uprawia-

nych roślinach w roku następującym po zbiorze zastosowano nawożenie mineralne, w ilościach: 80 kg N, 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 80 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>.

Struktura zbiorowisk chwastów w łąkach roślin uprawianych na cele energetyczne została porównana z florą segetalną występującą w typowych, jednorocznych uprawach rolniczych i dwuletniej mieszance koniczyn z trawami w różnych systemach gospodarowania.

### 3.3. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW POGODOWYCH

Warunki pogodowe w latach badań przedstawiono w tabeli 6. W sezonie wegetacyjnym 2006/2007 łagodna zima, korzystny układ temperatur wiosną i stosunkowo duże opady w maju i czerwcu sprzyjały wzrostowi oraz dobremu plonowaniu roślin ozimych i jarych. Wiosna 2010 r. charakteryzowała się temperaturami wyższymi od średniej z wielolecia oraz nierównomiernym rozkładem opadów: suchy kwiecień, obfite opady deszczu w maju (110 mm), co rzutowało na wzrost roślin uprawnych i chwastów.

Tabela 6

Średnie miesięczne dobowe temperatury powietrza (°C) i sumy opadów (mm) w Osinach w latach 2006–2012 na tle średnich wieloletnich (1950–2005)  
Average monthly daily temperature of air (°C) and sum of precipitation (mm) in Osiny in 2006–2012 compared to many years (1950–2005)

Miesiąc; Month	Temperatura dobowa; Daily temperature (°C)					Opady; Precipitation (mm)				
	2006/2007	2009/2010	2010/2011	2011/2012	1950–2005	2006/2007	2009/2010	2010/2011	2011/2012	1950–2005
IX	15,5	14,8	12,3	15,0	<b>13,2</b>	8,1	21,9	104,8	4,7	<b>49</b>
X	10,4	6,8	5,4	8,0	<b>8,2</b>	29,7	77,0	14,0	29,0	<b>44</b>
XI	5,8	5,3	6,5	2,7	<b>2,7</b>	35,7	42,2	66,0	1,4	<b>39</b>
XII	3,3	-1,7	-4,7	2,2	<b>-1,4</b>	19,0	42,0	32,0	41,7	<b>37</b>
I	3,0	-8,3	-0,8	-1,4	<b>-3,4</b>	57,7	21,5	28,0	38,2	<b>31</b>
II	-0,9	-1,7	-3,7	-6,6	<b>-2,4</b>	25,8	28,5	21,0	16,1	<b>29</b>
III	6,3	3,0	2,9	4,7	<b>1,7</b>	28,0	13,4	12,0	31,0	<b>30</b>
IV	7,9	9,3	10,3	9,6	<b>7,9</b>	13,4	17,2	27,0	34,5	<b>40</b>
V	13,5	14,3	13,9	15,3	<b>13,5</b>	79,8	110,2	63,0	38,0	<b>57</b>
VI	17,8	18,3	18,5	17,1	<b>16,8</b>	62,8	47,8	54,0	75,0	<b>70</b>
VII	18,4	22,1	18,4	20,8	<b>18,5</b>	49,0	42,6	250,0	77,0	<b>85</b>
VIII	18,7	20,3	18,8	18,7	<b>17,3</b>	26,6	118,5	39,0	82,0	<b>75</b>

Układ warunków pogodowych jesienią 2010 r. był niesprzyjający dla wzrostu roślin ozimych (tab. 6). We wrześniu opady deszczu wyniosły 105 mm (56 mm ponad normę z wielolecia), październik był chłodny i z małą ilością opadów, a w połowie listopada wegetacja uległa całkowitemu zahamowaniu ze względu na

niskie temperatury. Spowodowało to nierównomierne wschody pszenicy ozimej, która w okresie zimowym została dodatkowo uszkodzona na skutek niskich temperatur przy minimalnej okrywie śniegowej. W kolejnych miesiącach wiosny i lata rozkład opadów i temperatur sprzyjały wzrostowi i rozwojowi wszystkich uprawianych roślin.

Jesień 2011 r. była sucha (zaledwie 4,7 mm opadów we wrześniu), co utrudniało siew i wschody roślin ozimych (tab. 6). Bardzo niskie temperatury w lutym, przy braku okrywy śniegowej, spowodowały duże ubytki roślin ozimych, jak również niektórych gatunków roślin uprawianych na cele energetyczne (głównie topoli, ślazzowca oraz niektórych gatunków traw wieloletnich). Ze względu na małą obsadę roślin pszenicy ozimej na wiosnę we wszystkich systemach gospodarowania została ona przesiana pszenicą jarą.

### **3.4. METODYKA OCENY RÓŻNORODNOŚCI FLORY TOWARZYSZĄCEJ ROŚLINOM UPRAWNYM**

Ocenę składu gatunkowego oraz liczebności chwastów występujących w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania w latach 1996–2011 przeprowadzono metodą ramkową, na powierzchniach 0,5 m<sup>2</sup>, w 16 powtórzeniach dla każdego systemu gospodarowania (po 4 powtórzenia dla każdej z 4 wysiewanych odmian). Analizy wykonano w stadium dojrzałości woskowej pszenicy (BBCH 83-85) (Adamczewski i Matysiak 2005).

Ocenę różnorodności roślin naczyniowych w łąkach wszystkich roślin uprawianych w badanych systemach gospodarowania oraz wieloletnich roślinach przeznaczonych na cele energetyczne przeprowadzono w trzyletnim cyklu badań. Analizy zachwaszczenia wykonano metodą ramkową, w pełni sezonu wegetacyjnego, w pierwszej dekadzie czerwca. Jedynie w uprawie ziemniaka, ze względu na terminarz zabiegów regulacji zachwaszczenia, badania wykonano w trzeciej dekadzie czerwca (tab. 2). Powierzchnie, na których określono zachwaszczenie (0,5 m<sup>2</sup>) wyznaczono wzdłuż przekątnych pól, w 8 powtórzeniach dla każdego pola z jednorocznymi uprawami rolniczymi oraz w 6 powtórzeniach dla pól z roślinami uprawianymi na cele energetyczne. Określono skład gatunkowy zbiorowisk chwastów oraz liczebność poszczególnych gatunków. Dokonano także porównania flory towarzyszącej roślinom energetycznym i typowym uprawom rolniczym pod względem ich trwałości, siedliska oraz przynależności gatunków do grup historyczno-geograficznych, w oparciu o opracowania Korniaika (1992), Rutkowskiego (2007) oraz Tokarskiej-Guzik i in. (2011). Wydzielono następujące grupy: apofity (gatunki rodzime) i antropofity – archeofity (gatunki zawleczone do Polski do końca XV w.), kenofity (gatunki zawleczone do Polski od XVI w.), w tym epekofity (gatunki zadomowione na siedliskach synantropijnych) i agriofity (gatunki zadomowione na siedliskach naturalnych i półnaturalnych) oraz diafity (niezadomowione trwale składniki flory), w tym ergazjofity (rośliny uprawne obcego pochodzenia, przejściowo dziczejące).

W badaniach nad różnorodnością flory towarzyszącej typowym uprawom rolniczym i uprawom na cele energetyczne wystąpiły gatunki chwastów, których pełne nazwy łacińskie i polskie oraz skróty stosowane w pracy zamieszczono w tabeli 7.

Tabela 7

Wykaz łacińskich i polskich nazw gatunków chwastów występujących w doświadczeniach według Mirka i in. (2002) oraz skrótów nazw  
List of latin and Polish names of weed species occurred in trials according to Mirek et al. (2002) and abbreviations of weed names

Nazwa łacińska gatunku chwastu; Latin name of weed species	Nazwa polska gatunku chwastu; Polish name of weed species	Skrót nazwy gatunku chwastu; Abbreviation of weed species name
<i>Achillea millefolium</i> L.	krwawnik pospolity	Ach.mil
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	podagrycznik pospolity	Aeg.pod
<i>Agrostis capillaris</i> L.	mietlica pospolita	Agr.cap
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	szarłat szorstki	Ama.ret
<i>Anagallis arvensis</i> L.	kurzyśląd polny	Ana.arv
<i>Anchusa arvensis</i> (L.) M. Bieb. syn. <i>Lycopsis arvensis</i> L.	farbownik (krzywoszyj) polny	Lyc.arv
<i>Anthemis arvensis</i> L.	rumian polny	Ant.arv
<i>Apera spica-venti</i> (L.) P.Beauv.	miotła zbożowa	Ape.spi
<i>Arabidopsis thaliana</i> (L.) Heynh.	rzodkiewnik pospolity	Ara.tha
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv.	rajgras wyniosły	Arr.ela
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	bylica pospolita	Art.vul
<i>Brassica napus</i> L.	kapusta rzepek	Bra.nap
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	stokłosa bezostna	Bro.ine
<i>Campanula patula</i> L.	dzwonek rozpierzchły	Cam.pat
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	tasznik pospolity	Cap.bur
<i>Centaurea cyanus</i> L.	chaber bławatek	Cen.cya
<i>Cerastium arvense</i> L.	rogownica polna	Cer.arv
<i>Chenopodium album</i> L.	komosa biała	Che.alb
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	ostrożeń polny	Cir.arv
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	powój polny	Con.arv
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	przymiotno kanadyjskie	Con.can
<i>Consolida regalis</i> Gray	ostróżeczka polna	Con.reg
<i>Crepis tectorum</i> L.	pepawa dachowa	Cre.tec
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	stulicha psia	Des.sop
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	chwastnica jednostronna	Ech.cru
<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	perz właściwy	Ely.rep
<i>Epilobium parviflorum</i> Schreb.	wierzbownica drobnokwiatowa	Epi.par
<i>Equisetum arvense</i> L.	skrzyp polny	Equ.arv
<i>Erigeron annuus</i> L. Pers.	przymiotno białe	Eri.ann
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér	iglica pospolita	Ero.cic
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	wilczomlecz obrotny	Eup.hel
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve	rdest powojowaty	Fal.con
<i>Festuca ovina</i> L.	kostrzewa owcza	Fes.ovi

cd. tab. 7

Nazwa łacińska gatunku chwastu; Latin name of weed species	Nazwa polska gatunku chwastu; Polish name of weed species	Skrót nazwy gatunku chwastu; Abbreviation of weed species name
<i>Fumaria officinalis</i> L.	dymnica pospolita	Fum.off
<i>Galium aparine</i> L.	przytulia czepna	Gal.apa
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	żółtlica drobnokwiatowa	Gal.par
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	poziwnik szorski	Gal.tet
<i>Geranium dissectum</i> L.	bodziszek porozcinany	Ger.dis
<i>Geranium pusillum</i> Burm. f. ex L.	bodziszek drobny	Ger.pus
<i>Geum urbanum</i> L.	kuklik pospolity	Geu.urb
<i>Gnaphalium silvaticum</i> L.	szarota leśna	Gna.sil
<i>Gnaphalium uliginosum</i> L.	szarota błotna	Gna.uli
<i>Hieracium pilosella</i> L.	jastrzębiec kosmaczek	Hie.pil
<i>Juncus bufonius</i> L.	sit dwudzielny	Jun.buf
<i>Lactuca serriola</i> L.	sałata kompasowa	Lac.ser
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	jasnota różowa	Lam.amp
<i>Lamium purpureum</i> L.	jasnota purpurowa	Lam.pur
<i>Lapsana communis</i> L.	łoczyga pospolita	Lap.com
<i>Leontodon hispidus</i> L.	brodawnik zwyczajny	Leo.his
<i>Lolium perenne</i> L.	życica trwała	Lol.per
<i>Matricaria maritima</i> L. ssp. <i>inodora</i> (L.) Dostál syn. <i>Tripleurospermum</i> <i>inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	maruna nadmorska bezwonna	Tri.ino
<i>Medicago sativa</i> L.	lucerna siewna	Med.sat
<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garcke	bniec biały	Mel.alb
<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill	niezapominajka polna	Myo.arv
<i>Myosurus minimus</i> L.	mysiurek drobny	Myo.min
<i>Papaver rhoeas</i> L.	mak polny	Pap.rho
<i>Plantago lanceolata</i> L.	babka lancetowata	Pla.lan
<i>Plantago major</i> L.	babka zwyczajna	Pla.maj
<i>Poa annua</i> L.	wiechlina roczna	Poa.ann
<i>Polygonum aviculare</i> L.	rdest ptasi	Pol.avi
<i>Polygonum lapathifolium</i> ssp. <i>lapathifolium</i> L.	rdest kolankowy	Pol.lap
<i>Polygonum persicaria</i> L.	rdest plamisty	Pol.per
<i>Potentilla anserina</i> L.	pięciornik gęsi	Pot.ans
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	rzodkiew świrzepsa	Rap.rap
<i>Rumex acetosa</i> L.	szczaw zwyczajny	Rum.ace
<i>Sambucus nigra</i> L.	bez czarny	Sam.nig
<i>Scleranthus annuus</i> L.	czerwiec roczny	Scl.ann
<i>Senecio vulgaris</i> L.	starzec zwyczajny	Sen.vul
<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby	ślazowiec pensylwański	Sid.her
<i>Sinapis arvensis</i> L.	gorczyca polna	Sin.arv
<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	stulisz Loesela	Sis.loe
<i>Solidago gigantea</i> Aiton	nawłóć późna	Sol.gig

cd. tab. 7

Nazwa łacińska gatunku chwastu; Latin name of weed species	Nazwa polska gatunku chwastu; Polish name of weed species	Skrót nazwy gatunku chwastu; Abbreviation of weed species name
<i>Solanum nigrum</i> L. emend. Mill.	psianka czarna	Sol.nig
<i>Sonchus arvensis</i> L.	mleczyk polny	Son.arv
<i>Spergula arvensis</i> L.	sporek polny	Spe.arv
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	gwiazdnica pospolita	Ste.med
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	mniszek pospolity	Tar.off
<i>Thlaspi arvense</i> L.	tobołki polne	Thl.arv
<i>Trifolium repens</i> L.	koniczyna biała	Tri.rep
<i>Urtica dioica</i> L.	pokrzywa zwyczajna	Urt.dio
<i>Veronica hederifolia</i> L.	przetacznik bluszczowy	Ver.hed
<i>Veronica persica</i> Poir.	przetacznik perski	Ver.per
<i>Vicia cracca</i> L.	wyka ptasia	Vic.cra
<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	wyka drobnokwiatowa	Vic.hir
<i>Viola arvensis</i> Murray	fiólek polny	Vio.arv
<i>Viola tricolor</i> L.	fiólek trójbarwny	Vio.tri

### 3.5. METODY OPRAWIANIA WYNIKÓW

#### 3.5.1. Wykorzystanie wskaźników różnorodności i podobieństwa do oceny struktury zbiorowisk chwastów

Strukturę zbiorowisk chwastów w badanych systemach gospodarowania i typach upraw opisano i porównano za pomocą wskaźników ekologicznych: różnorodności Shannona, dominacji Simpsona, równocенności oraz wskaźników podobieństwa jakościowego i ilościowego Sorensena.

Wskaźnik Shannona (H), uzależniony od liczby gatunków oraz ich wzajemnych proporcji ilościowych, obliczano według wzoru (Shannon 1948):

$$H = -\sum P_i \ln P_i$$

gdzie:

$P_i$  – prawdopodobieństwo występowania określonych gatunków chwastów w próbie,

$P_i = n/N$  ( $n$  – liczebność chwastów określonego gatunku,  $N$  – ogólna liczebność chwastów na powierzchni próbnej),

$\ln$  – logarytm naturalny.

Im większa wartość wskaźnika H, tym większa różnorodność zbiorowiska.

Wskaźnik dominacji (SI) opisany przez Simpsona (1949) obliczano według wzoru:

$$SI = \sum P_i^2$$

Zakres wartości tego wskaźnika wynosi od 0 do 1, przy czym wartości zbliżone do 1 wskazują na wyraźną dominację jednego lub kilku gatunków.

Wskaźnik równocенności (J) jest traktowany jako miara równomierności rozmieszczenia gatunków w zbiorowisku. Określany jest jako stosunek różnorodności obserwowanej, mierzonej wskaźnikiem Shannona (H), do różnorodności maksymalnej, przy danej liczbie gatunków S i opisany wzorem (Pielou 1966):

$$J = H/H_{\max} = H/\ln S$$

gdzie:

$H_{\max} = \ln S$ , maksymalna różnorodność gatunkowa wskaźnika H.

Zakres wartości wskaźnika równocенności J zawiera się w przedziale od 0 do 1. Jest on równy 1, gdy różnorodność obserwowana równa jest różnorodności maksymalnej, to znaczy, kiedy wszystkie gatunki mają równy udział w zbiorowisku. Natomiast im bardziej te dwie wartości różnią się od siebie, tym wartość wskaźnika zbliża się do 0.

Skład gatunkowy chwastów występujących na badanych polach i ich stałość w czasie porównywano za pomocą wskaźników podobieństwa Sorensena (jakościowego i ilościowego), które wyliczano według wzorów (Magurran 1988):

$$\text{Jakościowy wskaźnik Sorensena} = 2C/A + B \times 100\%$$

gdzie:

A – liczba gatunków w pierwszym z dwóch porównywanych zbiorowisk,

B – liczba gatunków w drugim z porównywanych zbiorowisk,

C – liczba gatunków wspólnych w porównywanych zbiorowiskach.

$$\text{Ilościowy wskaźnik Sorensena} = 2 N_t/N_a + N_b \times 100\%$$

gdzie:

$N_t$  – suma najmniejszych liczebności gatunków wspólnych w porównywanych zbiorowiskach,

$N_a$  – liczebność wszystkich chwastów w pierwszym z porównywanych zbiorowisk,

$N_b$  – liczebność wszystkich chwastów w drugim z porównywanych zbiorowisk.

Wartości wskaźników zostały obliczone za pomocą programu MVSP 3.1 (Kovach 2011).

### 3.5.2. Hierarchiczna analiza skupień

W celu pogrupowania zbiorowisk chwastów występujących w różnych systemach gospodarowania i typach upraw zastosowano klasyfikację hierarchiczną kumulującą (aglomeracyjną) opisaną przez Jongmana i in. (1987) oraz Kenta i Cokera (1992). Wyniki przedstawiono w postaci dendrogramu obrazującego hierarchię podobieństwa. Do klasyfikacji podobieństwa między systemami gospodarowania, typem upraw lub występowaniem gatunków w próbach zastosowano jakościowy i ilościowy wskaźnik podobieństwa Sorensena, a kryterium tworzenia grup była metoda „najdalszego sąsiada” (Farthest Neighbour) lub najpopularniejsza

w ekologii i taksonomii metoda średnich połączeń (UPGMA). W metodzie „najdalszego sąsiada” odległość między dwoma klastrami jest wyznaczana w oparciu o maksymalną odległość między dwoma próbkami należącymi do tych samych grup. Metoda ta umożliwia wyraźny podział na grupy, stąd jest bardzo przydatna przy małych różnicach w próbach. W metodzie UPGMA podobieństwo pomiędzy grupami jest definiowane jako średnia odległość (podobieństwo) pomiędzy wszystkimi możliwymi parami prób (Jongman i in. 1987, Piernik 2012). Klasyfikację hierarchiczną kumulującą przeprowadzono przy użyciu programu MVSP 3.1 (Kovach 2011).

Wykonano także klasyfikację hierarchiczną dzielącą metodą „najdalszego sąsiada”, grupującą systemy gospodarowania o podobnej charakterystyce ze względu na analizowane cechy. Obliczenia wykonano za pomocą programu Statgraphic Plus wersja 2.1 (Statgraphics...1996).

### 3.5.3. Analiza ordynacyjna

Do uporządkowania prób na podstawie danych o składzie gatunkowym oraz gatunków na podstawie ich udziału w próbach wykorzystano techniki ordynacji pośredniej i bezpośredniej (Jongman i in. 1987, Lepš i Šmilauer 2003). Jako pierwszą zastosowano nietendycyjną analizę zgodności (DCA), która jest zalecana do wstępnego rozpoznania danych dotyczących roślinności. Obliczona w toku analizy długość gradientu zmienności charakteryzuje strukturę danych i jest kryterium wyboru kolejnej metody ordynacji pozwalającej ocenić znaczenie badanych czynników środowiskowych lub agrotechnicznych. Ze względu na to, że długość gradientu osi pierwszej w przeprowadzonych analizach DCA była w zakresie 2–3 odchylenia standardowego, co świadczyło o tym, że rozkład występowania gatunków nie był zgodny z krzywą Gaussa, do dalszych badań wykorzystano metody liniowe: pośrednią analizę gradientową (PCA) i bezpośrednią analizę redundancji (RDA) (van der Maarel 1998). Przykłady analizy danych fitosocjologicznych za pomocą technik ordynacji i zasady interpretacji diagramów dla gatunków, prób i zmiennych zamieszczają Jongman i in. (1987), ter Braak i Šmilauer (2002) oraz Lepš i Šmilauer (2003). W toku analizy przeprowadzono krokową selekcję zmiennych w połączeniu z testem permutacyjnym Monte Carlo w celu wskazania tych zmiennych, które w sposób istotny ( $p \leq 0,05$ ) wpływają na zróżnicowanie gatunkowe badanych zbiorowisk. Analizy wykonano w programie Canoco 4.5 (ter Braak i Šmilauer 2002).

### 3.5.4. Ocena istotności różnic – analiza wariancji lub analiza rangowa

Do oceny różnic w liczbie gatunków i liczebności chwastów oraz wartościach wskaźników dla pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) dla modelu kompletnej randomizacji, w której istotność różnic między średnimi oceniono testem



Tukeya oraz nieparametryczny test Kruskala-Wallisa, w którym porównanie parami wykonano za pomocą testu U Manna-Whitneya. Ponieważ liczba gatunków i liczebność chwastów nie miały rozkładu normalnego, przed wykonaniem analizy wariancji wyniki poddano transformacji logarytmicznej w celu znormalizowania rozkładu. Obliczenia wykonano przy użyciu programu komputerowego PAST (Hammer 2012).

Przy porównywaniu cech zbiorowisk chwastów w roślinach uprawianych na cele energetyczne i typowych uprawach rolniczych stwierdzono istotną interakcję z latami badań, dlatego dalsze analizy wykonano dla każdego roku badań oddzielnie, stosując jednoczynnikową analizę wariancji i wyznaczając półprzedziały ufności testem Tukeya na poziomie istotności  $p \leq 0,05$ . Obliczenia wykonano za pomocą programu Statgraphic Plus wersja 2.1. W przypadku porównywania obiektów o niejednakowej liczbie powtórzeń zastosowano test nieparametryczny Kruskala-Wallisa, a obliczenia wykonano w programie PAST.

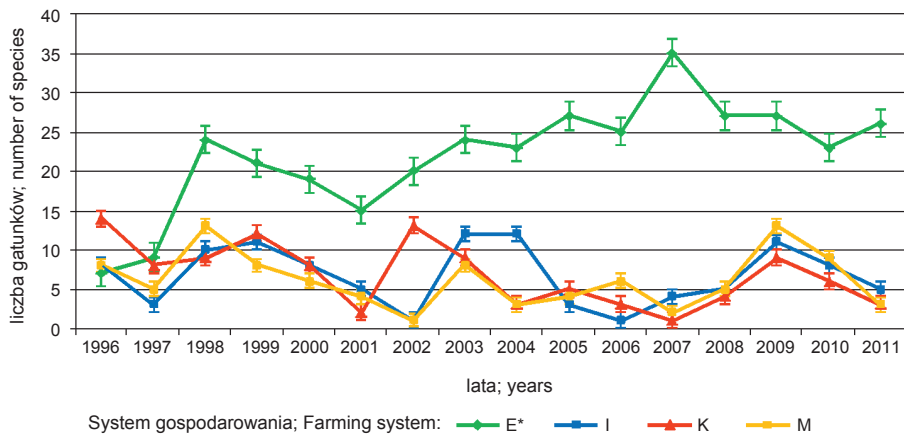
## **4. WYNIKI BADAŃ**

### **4.1. ZMIANY W RÓŻNORODNOŚCI GATUNKOWEJ FLORY SEGETALNEJ W ŁANIE PSZENICY OZIMEJ UPRAWIANEJ W RÓŻNYCH SYSTEMACH GOSPODAROWANIA**

#### **4.1.1. Ocena różnorodności flory segetalnej w łanie pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania i jej zmian w czasie za pomocą wskaźników**

Wyniki badań przeprowadzonych w latach 1996–2011 wykazały, że w systemie ekologicznym zbiorowiska segetalne w uprawie pszenicy ozimej charakteryzowały się istotnie największą różnorodnością, mierzoną liczbą gatunków i wskaźnikiem Shannona (rys. 1 i 3, tab. 8 i 10). Różnorodność flory segetalnej w systemach integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze pszenicy ozimej nie różniły się istotnie według testu Tukeya i testu nieparametrycznego Kruskala-Wallisa.

W systemie ekologicznym stwierdzono wzrost liczby gatunków chwastów w porównaniu do pierwszego roku badań (drugi rok po założeniu doświadczenia), w którym zbiorowisko chwastów w łanie pszenicy było najuboższe (7 gatunków) (rys. 1). Największe bogactwo gatunkowe flory towarzyszącej uprawie pszenicy zaobserwowano w 2007 r. (35 gatunków). Wartość wskaźnika różnorodności Shannona wzrastała od 0,75 w 1996 r. do 2,64 w 2007 r. (rys. 3). W analizowanym okresie 16 lat średnia liczba gatunków chwastów w systemach integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze pszenicy ozimej była zbliżona (6,1–6,8) i około 3,5-krotnie większa w systemie ekologicznym (22 gatunki) (tab. 8).



\* objaśnienia skrótów na str. 7; explanation of abbreviations on page 7

Rys. 1. Liczba gatunków chwastów ( $\pm$  bł. stand.) w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania w latach 1996–2011; wyniki z systemu ekologicznego częściowo publikowane (Feledyn-Szewczyk 2008)

Number of weed species ( $\pm$  st. error) in winter wheat cultivated in different farming systems in 1996–2011; some results from the organic system were published (Feledyn-Szewczyk 2008)

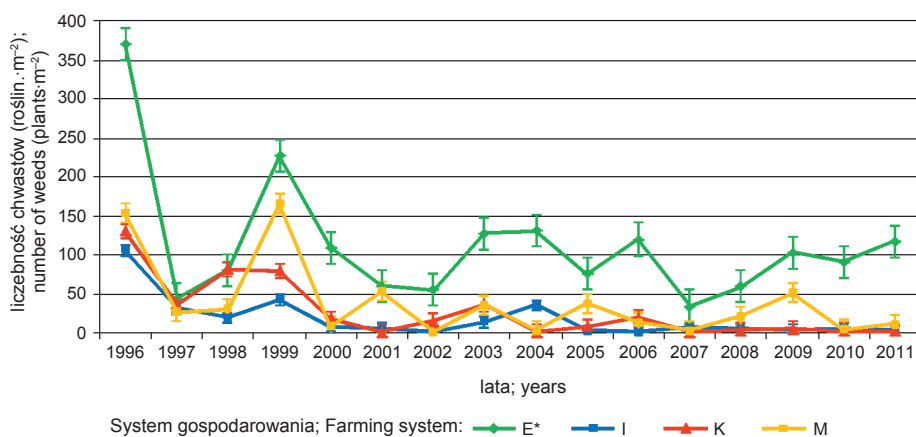
Tabela 8

Liczba gatunków chwastów w łanie pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania (średnia z lat 1996–2011) oraz wyniki analizy statystycznej  
Number of weed species in winter wheat cultivated in different farming systems (mean from 1996–2011) and the results of statistical analysis

Wyszczególnienie; Specification		System gospodarowania; Farming system				
		ekologiczny; organic	integrowany; integrated	konwencjonalny; conventional	monokultura; monoculture	
Średnia liczba gatunków; Mean number of species		22,0	6,7	6,8	6,1	
System gospodarowania; Farming system	ekologiczny; organic	test Kruskala-Wallis, test U Manna-Whitneya; Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U test, $p < 0,001$	Anova, test Tukeya; Anova, Tukey's test, $p < 0,001$			
	integrowany; integrated		×	<0,001	<0,001	<0,001
	konwencjonalny; conventional		<0,001	×	0,999	0,989
	monokultura; monoculture		<0,001	0,920	×	0,972
			<0,001	0,722	0,521	×

Największą liczebność chwastów w łanie pszenicy ozimej w fazie dojrzałości woskowej, średnio za 16 lat badań, stwierdzono w systemie ekologicznym – 112 roślin·m<sup>-2</sup>, a najmniejszą w systemie integrowanym – 18 roślin·m<sup>-2</sup> (rys. 2, tab. 9). W pierwszym roku badań w uprawach w systemie ekologicznym zanotowano największą liczebność chwastów sięgającą 370 roślin·m<sup>-2</sup>, co wynikało z dominacji w zbiorowisku *Chenopodium album*, która stanowiła ponad 70% ogólnej liczebności (rys. 2, tab. I w aneksie). Wpłynęło to na niską wartość wskaźnika różnorodności Shannona – 0,76 i wysoką wartość wskaźnika dominacji Simpsona – 0,65 (rys. 3 i 4). W pięciu latach badań (1997, 2001, 2002, 2007, 2008) liczebność chwastów na tym obiekcie nie przekraczała 60 roślin·m<sup>-2</sup>, a tylko w dwóch latach (1996, 1999) kształtowała się powyżej 150 roślin·m<sup>-2</sup>, co oznacza, że możliwe jest utrzymanie zachwaszczenia w ekologicznej uprawie pszenicy na stosunkowo niskim poziomie. Spośród systemów, w których stosowano herbicydy największe wahania liczby chwastów zaobserwowano w monokulturze pszenicy ozimej (rys. 2).

Zmienność składu gatunkowego i liczebności flory segetalnej oraz wartości wskaźników: różnorodności Shannona, dominacji Simpsona i równocенności w latach była uwarunkowana skutecznością stosowanych metod regulacji zachwaszczenia oraz przebiegiem pogody, który decydował o kiełkowaniu określonych gatunków chwastów oraz wpływał na zwartość łanu pszenicy i jego konkurencyjność w stosunku do chwastów. W systemach, w których stosowano herbicydy stwierdzono największe wahania wartości tych wskaźników w latach (rys. 3–5).



\* objaśnienia skrótów na str. 7; explanation of abbreviations on page 7

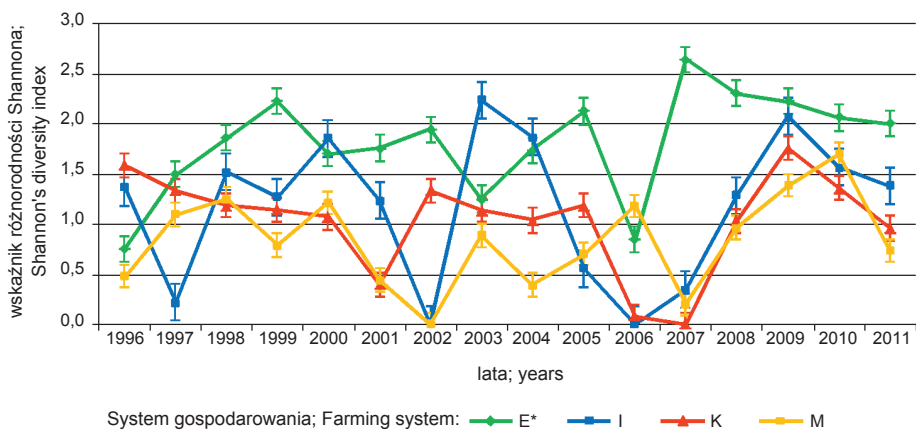
Rys. 2. Liczebność chwastów ( $\pm$  bł. stand.) w łanach pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania w latach 1996–2011; wyniki z systemu ekologicznego częściowo publikowane (Feledyn-Szewczyk 2008)

Number of weeds ( $\pm$  st. error) in winter wheat cultivated in different farming systems in 1996–2011; some results from the organic system were published (Feledyn-Szewczyk 2008)

Tabela 9

Liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w łąkach pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania (średnia z lat 1996–2011) oraz wyniki analizy statystycznej  
 Number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in winter wheat cultivated in different farming systems (mean from 1996–2011) and the results of statistical analysis

Wyszczególnienie; Specification		System gospodarowania; Farming system				
		ekologiczny; organic	integrowany; integrated	konwencjonalny; conventional	monokultura; monoculture	
Średnia liczba chwastów; Mean number of weeds		112,4	17,8	27,2	38,3	
System gospodarowania; Farming system		Anova, test Tukeya; Anova, Tukey's test, p < 0,001				
		ekologiczny; organic	×	<0,001	<0,001	0,001
		integrowany; integrated	<0,001	×	0,959	0,712
		konwencjonalny; conventional	<0,001	0,806	×	0,942
monokultura; monoculture	<0,001	0,126	0,300	×		



\* objaśnienia skrótów na str. 7; explanation of abbreviations on page 7

Rys. 3. Wartości wskaźnika różnorodności Shannona ( $\pm$  bł. stand.) dla zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania w latach 1996–2011; wyniki z systemu ekologicznego częściowo publikowane (Feledyn-Szewczyk 2008)  
 Shannon's diversity index values ( $\pm$  st. error) for weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems in 1996–2011; some results from the organic system were published (Feledyn-Szewczyk 2008)

Wartości wskaźnika różnorodności Shannona dla poszczególnych systemów układały się w kolejności: ekologiczny > integrowany > konwencjonalny > monokultura, natomiast wskaźnika dominacji Simpsona w odwrotnej kolejności: monokultura > konwencjonalny > integrowany > ekologiczny (tab. 10 i 11). Wysokie wartości indeksu dominacji w monokulturze pszenicy ozimej wskazują na duży udział w zbiorowisku segetalnym jednego lub dwóch gatunków chwastów (*Viola arvensis*, *Apera spica-venti*) (tab. 11, tab. IV w aneksie). Niskie wartości tego współczynnika w systemie ekologicznym wynikały z bardziej równomiernego udziału gatunków chwastów w zbiorowisku, jak również z większego bogactwa gatunkowego. Wartości indeksu powyżej 0,3, wskazujące na dominację, wystąpiły w systemie ekologicznym tylko w 3 latach badań, w systemie integrowanym w 9, a w monokulturze pszenicy ozimej aż w 15 spośród 16 analizowanych lat badań (rys. 4).

Tabela 10

Wartości wskaźnika różnorodności Shannona dla zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania (średnio z lat 1996–2011) oraz wyniki analizy statystycznej

Shannon's diversity index values for weed communities in winter wheat cultivated in different crop production systems (mean from 1996–2011) and the results of statistical analysis

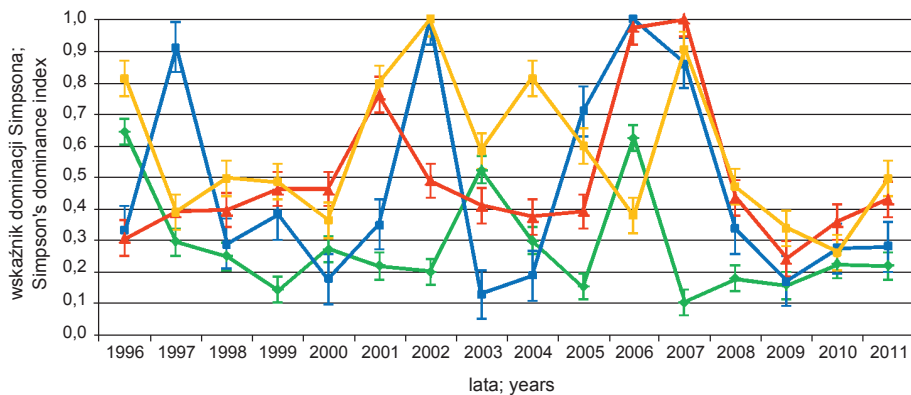
Wyszczególnienie; Specification		System gospodarowania; Farming system				
		ekologiczny; organic	integrowany; integrated	konwencjonalny; conventional	monokultura; monoculture	
Wskaźnik różnorodności Shannona; Shannon's diversity index		1,81	1,17	1,04	0,84	
Anova, test Tukeya; Anova, Tukey's test, $p < 0,001$						
System gospodarowania; Farming system	ekologiczny; organic	test Kruskala-Wallis, test U Manna-Whitneya; Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U test, $p < 0,001$	×	0,011	0,001	<0,001
	integrowany; integrated		0,014	×	0,900	0,349
	konwencjonalny; conventional		0,001	0,299	×	0,762
	monokultura; monoculture		<0,001	0,109	0,228	×

Tabela 11

Wskaźnik dominacji Simpsona dla zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania (średnio z lat 1996–2011) oraz wyniki analizy statystycznej

Simpson's dominance index values for weed communities in winter wheat cultivated in different crop production systems (mean from 1996–2011) and the results of statistical analysis

Wyszczególnienie; Specification		System gospodarowania; Farming system			
		ekologiczny; organic	integrowany; integrated	konwencjonalny; conventional	monokultura; monoculture
Wskaźnik dominacji Simpsona; Simpson dominance index		0,28	0,46	0,49	0,57
System gospodarowania; Farming system	ekologiczny; organic	Anova, test Tukeya; Anova, Tukey's test, p = 0,008			
	integrowany; integrated	×	0,153	0,059	0,005
	konwencjonalny; conventional	0,057	×	0,971	0,542
	monokultura; monoculture	0,001	0,180	×	0,805
		0,001	0,101	0,258	×



System gospodarowania; Farming system: — E+ — I — K — M

\* objaśnienia skrótów na str. 7; explanation of abbreviations on page 7

Rys. 4. Wartości wskaźnika dominacji Simpsona ( $\pm$  bł. stand.) dla zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania w latach 1996–2011; wyniki z systemu ekologicznego częściowo publikowane (Feledyn-Szewczyk 2008)

Simpson's dominance index values ( $\pm$  st. error) for weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems in 1996–2011; some results from the organic system were published (Feledyn-Szewczyk 2008)

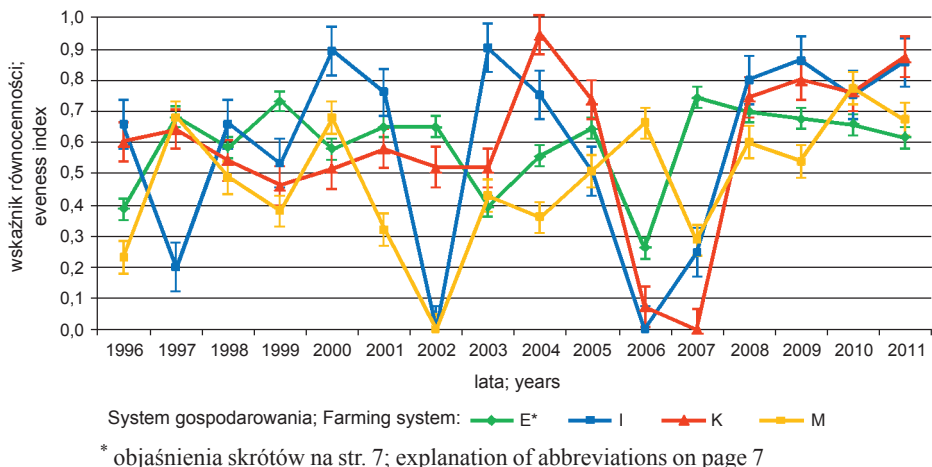
Inne wyniki oceny różnorodności zbiorowisk segetalnych uzyskano za pomocą wskaźnika równocенności, który jest miarą równomierności rozmieszczenia gatunków w zbiorowisku, przy danej liczbie gatunków. Wyższe wartości tego indeksu wskazują na bardziej równomierny udział poszczególnych gatunków. Najmniejszą wartością tego wskaźnika, średnio ze wszystkich lat badań, cechowała się monokultura pszenicy ozimej, ale nie różniła się istotnie od pozostałych systemów (tab. 12). Ze względu na to, że indeks ten nie uwzględnia bogactwa gatunkowego jego wartość w systemie ekologicznym była bardzo zbliżona do systemów integrowanego i konwencjonalnego, inaczej niż przy ocenie za pomocą wskaźnika Simpsona. Duże wahania wartości współczynnika równocенności stwierdzono w systemach: konwencjonalnym (0–0,95), integrowanym (0–0,90) i monokulturze (0–0,77), natomiast w systemie ekologicznym przybierał on wartości w zakresie od 0,26 do 0,73 (rys. 5).

Tabela 12

Wskaźnik równocенności dla zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania (średnio z lat 1996–2011) oraz wyniki analizy statystycznej

Evenness index values in winter wheat cultivated in different crop production systems (mean from 1996–2011) and the results of statistical analysis

Wyszczególnienie; Specification		System gospodarowania; Farming system			
		ekologiczny; organic	integrowany; integrated	konwencjonalny; conventional	monokultura; monoculture
Wskaźnik równocенności; Evenness index		0,59	0,58	0,58	0,47
System gospodarowania; Farming system	ekologiczny; organic	Anova, test Tukeya; Anova, Tukey's test, p = 0,420			
		×	0,989	0,945	0,421
		0,411	×	0,978	0,522
		0,865	0,532	×	0,763
		0,100	0,113	0,211	×
		test Kruskala-Wallis, test U Manna-Whitneya; Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U test, p = 0,290			
	integrowany; integrated				
	konwencjonalny; conventional				
	monokultura; monoculture				



Rys. 5. Wartości wskaźnika równocенności ( $\pm$  bł. stand.) dla zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania w latach 1996–2011  
Evenness index values ( $\pm$  st. error) for weed communities in winter wheat cultivated in different crop production systems in 1996–2011

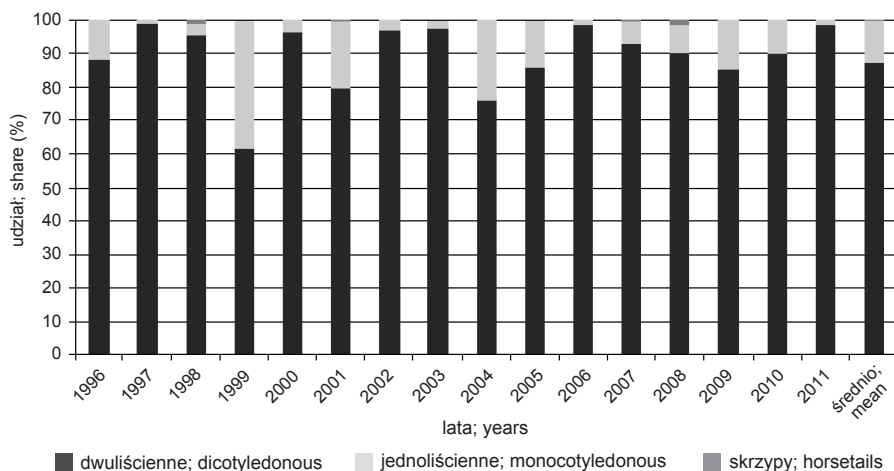
W analizowanym 16-leciu stwierdzono ogółem 50 gatunków chwastów w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym, 28 gatunków w integrowanym, 31 gatunków w konwencjonalnym oraz 25 gatunków w monokulturze pszenicy ozimej będącej skrajnym uproszczeniem systemu konwencjonalnego (tab. I–IV w aneksie). W uprawie ekologicznej zaobserwowano największą stałość występowania poszczególnych gatunków chwastów w latach (tab. I w aneksie). Na obiekcie tym 4 gatunki chwastów (*Chenopodium album*, *Viola arvensis*, *Galium aparine* i *Elymus repens*) wystąpiły we wszystkich latach badań. W pozostałych systemach gospodarowania, w których stosowano herbicydy, zaobserwowano dużą zmienność występowania gatunków w latach (tab. II–IV w aneksie). Żaden z taksonów nie wystąpił w każdym roku badań. Maksymalna liczba wystąpień gatunku wyniosła od 11 lat w systemie konwencjonalnym do 13 lat w monokulturze pszenicy. W ekologicznej uprawie pszenicy gatunki notowane jedno - lub dwukrotnie w okresie badań stanowiły tylko 28% ogólnej liczby taksonów, podczas gdy w pozostałych obiektach od 40 do 48%.

W łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemach: ekologicznym, integrowanym i konwencjonalnym dominowały gatunki dwuliścienne, stanowiąc średnio: 87, 62 i 75% ogólnej liczebności chwastów (rys. 6–8). Gatunki jednoliścienne miały przewagę tylko w zbiorowisku segetalnym w monokulturze pszenicy ozimej, a ich udział wyniósł średnio 61% (rys. 9). Skrzypy reprezentowane przez jeden gatunek – *Equisetum arvense*, wystąpiły najliczniej w zbiorowiskach towarzyszących pszenicy ozimej uprawianej w systemie integrowanym (średnio 4,5%) (rys. 7).

W ekologicznej uprawie pszenicy zaobserwowano dominację gatunków dwuliściennych we wszystkich latach badań (od 61 do 98% ogólnej liczebności chwastów) (rys. 6). Udział chwastów z poszczególnych grup był bardziej zróżnicowany

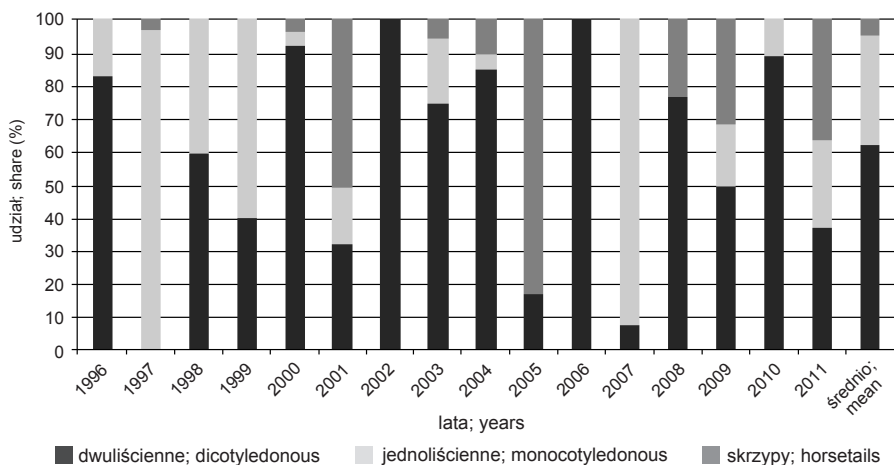


i zmienny w latach w zbiorowiskach towarzyszących pszenicy ozimej w tych systemach gospodarowania, w których stosowano chemiczną regulację zachwaszczenia (rys. 7–9). W monokulturze pszenicy ozimej w 9 spośród 16 lat badań chwasty jednoliścienne stanowiły ponad 50% ogólnej liczebności zbiorowiska (rys. 9). Nie stwierdzono jednak wyraźnej tendencji w ewolucji flory segetalnej w kierunku określonej klasy roślin. Ich liczebność i procentowy udział były uzależnione głównie od doboru i skuteczności działania herbicydów.



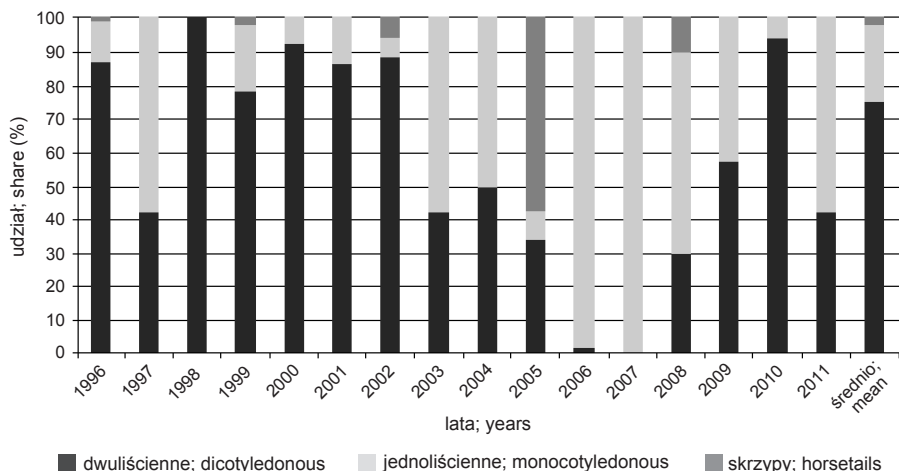
Rys. 6. Udział chwastów z różnych grup w zbiorowiskach segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym

The share of weeds from different classes in weed communities in winter wheat cultivated in organic system



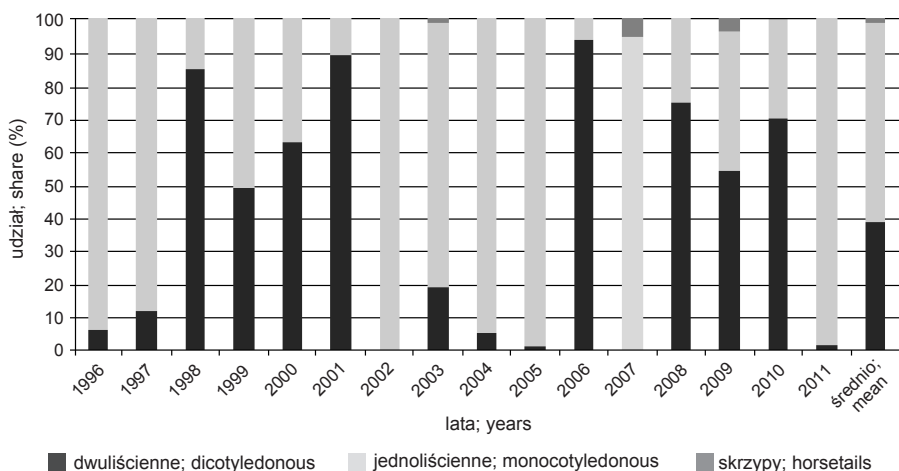
Rys. 7. Udział chwastów z różnych grup w zbiorowiskach segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w systemie integrowanym

The share of weeds from different classes in weed communities in winter wheat cultivated in integrated system



Rys. 8. Udział chwastów z różnych grup w zbiorowiskach segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w systemie konwencjonalnym

The share of weeds from different classes in weed communities in winter wheat cultivated in conventional system

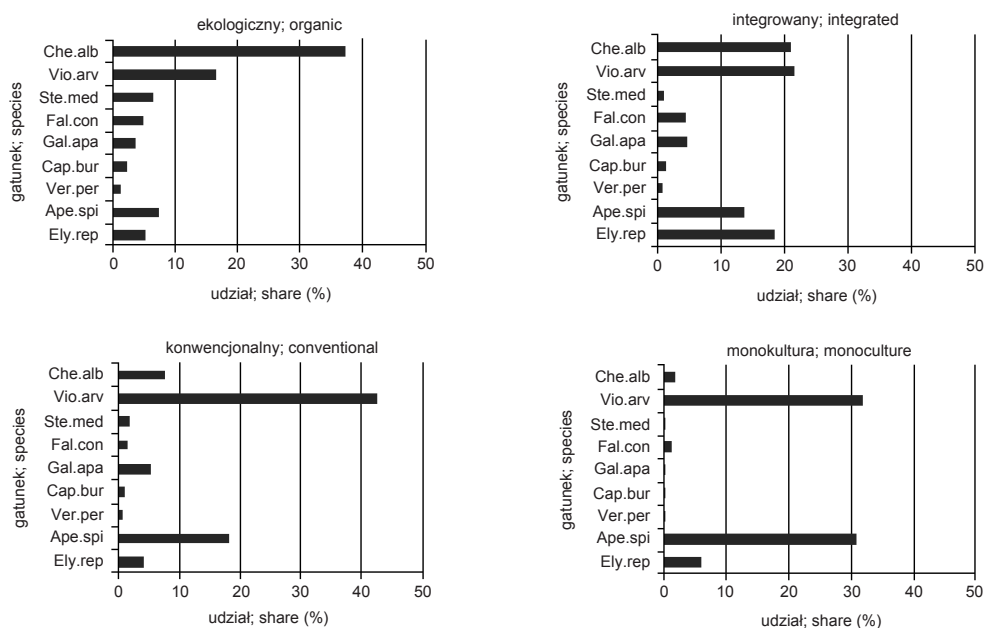


Rys. 9. Udział chwastów z różnych grup w zbiorowiskach segetalnych w monokulturze pszenicy ozimej

The share of weeds from different classes in weed communities in monoculture of winter wheat

W zbiorowiskach segetalnych towarzyszących pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym największy udział stanowiła *Chenopodium album* (średnio 38%) (rys. 10). Wraz z intensyfikacją sposobu gospodarowania udział tego wrażliwego na herbicydy gatunku malał i w monokulturze pszenicy ozimej wynosił zaledwie 2%. Stwierdzono natomiast wzrost udziału opornego na wiele herbicydów *Viola arvensis*, z 17% w uprawie ekologicznej do 22% w integrowanej, 32%

w monokulturze pszenicy oraz 43% w uprawie konwencjonalnej. Na obiektach, w których stosowano herbicydy wyraźnie mniejszy był natomiast udział *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica persica* i *Fallopia convolvulus* w porównaniu z systemem ekologicznym. Wraz z upraszczaniem zmianowania i zwiększaniem udziału zbóż wzrastał udział *Apera spica-venti* w ogólnej liczebności chwastów (7% w systemie ekologicznym, 14% w integrowanym, 18% w konwencjonalnym i 31% w monokulturze). Zbiorowisko segetalne w monokulturze pszenicy ozimej było zdominowane przez 2 gatunki: *Viola arvensis* i *Apera spica-venti*, które łącznie stanowiły średnio 63% całkowitej liczby chwastów. Procentowy udział *Elymus repens* był zbliżony w zbiorowiskach systemu ekologicznego (6%), konwencjonalnego (4%) i monokulturze pszenicy (6%). Większy udział tego gatunku w systemie integrowanym (18%) wynikał z dużej jego liczebności w dwóch pierwszych latach badań (16 i 30 roślin·m<sup>-2</sup>) (tab. II w aneksie).



Rys. 10. Udział dominujących gatunków chwastów w zbiorowiskach segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania (średnio z lat 1996–2011)

The share of the dominant weed species in weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems (mean from 1996–2011)

Dynamikę zmian w strukturze zbiorowisk segetalnych przedstawiono w tabeli 13, porównując pierwsze (1996–1998) i ostatnie (2009–2011) 3-letnie badania. Stwierdzono zmniejszenie liczebności chwastów w pszenicy uprawianej we wszystkich systemach gospodarowania, przy czym największy spadek odnotowano w systemach konwencjonalnym i integrowanym, odpowiednio o 97 i 93% (do poziomu 3–4 roślin·m<sup>-2</sup>). W monokulturze pszenicy ozimej liczebność chwastów zmniejszyła się

o 69% (do 22 roślin·m<sup>-2</sup>), a w systemie ekologicznym o 37% (do 103 roślin·m<sup>-2</sup>). Na wszystkich obiektach, a szczególnie w monokulturze pszenicy ozimej, zwiększył się udział chwastów dwuliściennych. Wynikało to z dużego udziału w zbiorowisku w pierwszym roku badań *Echinochloa crus-galli*, którego nie stwierdzono pod koniec okresu badań (tab. I w aneksie). Zanotowano natomiast prawie 3-krotne zwiększenie liczebności i 10-krotne procentowego udziału *Apera spica-venti* w zbiorowisku w pszenicy uprawianej w monokulturze (tab. 14).

Tabela 13

Wskaźniki charakteryzujące strukturę zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania w początkowym (1996–1998) i końcowym (2009–2011) okresie badań

Indicators describing the structure of weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems at the beginning (1996–1998) and the end (2009–2011) of research period

Wskaźniki; Indicators	System gospodarowania; Farming system							
	ekologiczny; organic		integrowany; integrated		konwencjonalny; conventional		monokultura; monoculture	
	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011
Liczebność chwastów (roślin·m <sup>-2</sup> i %); Number of weeds (plants·m <sup>-2</sup> and %)	164,5	103,2 ↓*	52,3	3,6 ↓	82,6	2,6 ↓	69,9	21,7 ↓
Dwuliścienne; Dicotyledonous (%)	90,1	91,3 ↑	63,2	68,0 ↑	84,5	87,7 ↑	18,4	46,5 ↑
Jednoliścienne; Monocotyledonous (%)	9,7	8,6 ↓	36,1	16,0 ↓	14,9	12,3 ↓	81,6	50,6 ↓
Skrzypy; Horsetail (%)	0,2	0,1 ↓	0,7	16,0 ↑	0,5	0 ↓	0	2,9 ↑
Liczba gatunków; Number of species	24	32 ↑	15	16 ↔	21	15 ↓	16	17 ↔
Wskaźnik różnorodności Shannona; Shannon's diversity index	1,14	2,41 ↑	1,65	2,29 ↑	1,89	2,32 ↑	1,19	1,67 ↑
Wskaźnik dominacji Simpsona; Simpson's dominance index	0,52	0,12 ↓	0,25	0,13 ↓	0,25	0,15 ↓	0,48	0,27 ↓
Wskaźnik równocенności; Evenness index	0,55	0,65 ↑	0,51	0,82 ↑	0,60	0,81 ↑	0,47	0,66 ↑

\* ↑ wzrost w porównaniu do początkowego okresu badań; increase in comparison with the first research period, ↓ spadek w porównaniu do początkowego okresu badań; decrease in comparison with the first research period, ↔ wartość wskaźnika na podobnym poziomie, jak w początkowym okresie badań; the value of index on the similar level as in the first research period

Tabela 14

Liczebność (roślin·m<sup>-2</sup>) i procentowy udział dominujących gatunków chwastów w łąkach pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania w początkowym (1996–1998) i końcowym (2009–2011) okresie badań

The number (plants·m<sup>-2</sup>) and percentage share of dominant weed species in winter wheat in different farming systems at the beginning (1996–1998) and in the end (2009–2011) of research period

Gatunki chwastów; Weed species	Systemy gospodarowania; Farming systems							
	ekologiczny; organic		integrowany; integrated		konwencjonalny; conventional		monokultura; monoculture	
	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011
Chen.alb	<b>116,0</b> ** 70,5%	<b>20,2</b> 19,6%**	<b>17,3</b> 33,1%	<b>*</b> 1,2%	<b>10,9</b> 13,2%	<b>0</b>	<b>0,4</b> 0,6%	<b>1,5</b> 6,7%
Ely.rep	<b>15,6</b> 9,5%	<b>0,6</b> 0,5%	<b>15,5</b> 29,7%	<b>0,1</b> 2,4%	<b>5,3</b> 6,5%	<b>0,3</b> 12,8%	<b>6,4</b> 9,2%	<b>2,1</b> 9,8%
Vio.arv	<b>13,4</b> 8,2%	<b>14,6</b> 14,2%	<b>10,9</b> 20,9%	<b>*</b> 1,2%	<b>37,5</b> 45,4%	<b>0,3</b> 9,5%	<b>8,3</b> 11,9%	<b>6,6</b> 30,3%
Gal.apa	<b>8,1</b> 4,9%	<b>2,2</b> 2,1%	<b>2,6</b> 4,9%	<b>0,8</b> 23,2%	<b>0,2</b> 0,3%	<b>0,6</b> 23,9%	<b>0,3</b> 0,4%	<b>0</b>
Ste.med	<b>4,6</b> 2,8%	<b>8,4</b> 8,2 %	<b>0,2</b> 0,4%	<b>0</b>	<b>2,3</b> 2,8%	<b>0</b>	<b>0,2</b> 0,2%	<b>0</b>
Fal.con	<b>2,4</b> 1,5%	<b>5,1</b> 5,0%	<b>0,8</b> 1,6%	<b>0,6</b> 17,4%	<b>1,7</b> 2,1%	<b>0,1</b> 3,2%	<b>1,7</b> 2,5%	<b>0,3</b> 1,1%
Pol.avi	<b>1,3</b> 0,8%	<b>0,1</b> 0,1%	<b>0,4</b> 0,7%	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Cap.bur	<b>0,5</b> 0,3%	<b>6,0</b> 5,8%	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,5</b> 1,8%	<b>0</b>	<b>0,2</b> 0,2%	<b>0</b>
Myo.arv	<b>0,5</b> 0,3%	<b>1,9</b> 1,8%	<b>0</b>	<b>*</b> 1,2%	<b>1,1</b> 1,3%	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Lap.com	<b>0,4</b> 0,2%	<b>2,3</b> 2,2%	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,2</b> 0,2%	<b>0,1</b> 3,2%	<b>0</b>	<b>0</b>
Pap.rho	<b>*</b> <b>*</b>	<b>22,1</b> 21,4%	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b> 0,6%	<b>*</b> 1,7%	<b>0</b>	<b>0</b>
Ape.spi	<b>0,1</b> <b>*</b>	<b>8,2</b> 7,9%	<b>2,5</b> 4,8%	<b>0,3</b> 8,1%	<b>7,0</b> 8,5%	<b>0</b>	<b>3,3</b> 4,8%	<b>8,9</b> 40,8%
Ant.arv	<b>0</b>	<b>3,3</b> 3,2%	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10,1</b> 12,3%	<b>*</b> 1,7%	<b>0,5</b> 0,8%	<b>0,2</b> 0,7%
Ver.per	<b>*</b> <b>*</b>	<b>2,6</b> 2,5%	<b>0,4</b> 0,8%	<b>0</b>	<b>0,2</b> 0,3%	<b>*</b> 1,7%	<b>0,2</b> 0,3%	<b>0</b>
Ech.cru	<b>0,2</b> 0,1%	<b>*</b> <b>*</b>	<b>0,8</b> 1,6%	<b>0,2</b> 5,8%	<b>0</b>	<b>0,6</b> 23,9%	<b>47,3</b> 67,7%	<b>0</b>

cd. tab. 14

Gatunki chwastów; Weed species	Systemy gospodarowania; Farming systems							
	ekologiczny; organic		integrowany; integrated		konwencjonalny; conventional		monokultura; monoculture	
	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011	1996–1998	2009–2011
Equ.arv	0,3 0,2%	0,1 0,1%	<b>0,3</b> <b>0,6%</b>	<b>0,6</b> <b>16,3%</b>	0,4 0,5%	0	0	<b>0,6</b> <b>2,9%</b>
Ger.pus	0,1 0,1%	0,7 0,7%	0,1 0,2%	<b>0,1</b> <b>2,3%</b>	0,7 0,8%	0	0	0,1 0,4%
Cir.arv	0,1 0,1%	0,4 0,4%	0	<b>0,3</b> <b>9,3%</b>	0	<b>0,1</b> <b>4,8%</b>	<b>0,4</b> <b>0,5%</b>	0,1 0,4%
Mel.alb	0,4 0,2%	0,1 0,1%	0	0	<b>1,2</b> <b>1,4%</b>	0	<b>0,4</b> <b>0,5%</b>	0,1 0,4%
Fum.off	0	0	0,1 0,2%	<b>0,2</b> <b>4,7%</b>	0	0	0	0
Tar.off	0	0,4 0,4%	0	<b>0,2</b> <b>4,6%</b>	0	<b>0,1</b> <b>4,8%</b>	0	<b>0,3</b> <b>1,3%</b>
Bra.nap	0	0	0	0	0	<b>0,1</b> <b>3,2%</b>	0	0
Con.reg	0	* *	0	0	0	<b>0,1</b> <b>3,2%</b>	0,2 0,2%	<b>0,7</b> <b>3,2%</b>
Con.can	* *	0,3 0,3%	0	0	0	0	0	<b>0,1</b> <b>0,6%</b>

\* wartości poniżej 0,05 (roślin·m<sup>-2</sup> lub %); values below 0,05 (plants·m<sup>-2</sup> or %)

\*\* pogrubioną czcionką zaznaczono 10 gatunków dominujących w zbiorowiskach; bold indicates dominant species in weed communities

Różnorodność gatunkowa chwastów w systemie ekologicznym zwiększyła się w porównaniu z początkowym okresem badań o 8 gatunków, natomiast zmniejszyła się o 6 gatunków w systemie konwencjonalnym, gdzie wyjściowa liczba gatunków była duża (tab. 13). W uprawie integrowanej i monokulturze pszenicy liczba gatunków utrzymywała się na podobnym poziomie w pierwszym (1996–1998) i ostatnim (2009–2011) trzyleciu badań. W końcowym okresie badań liczba gatunków chwastów była zbliżona w systemach, w których stosowano herbicydy (15–17 gatunków) i dwukrotnie większa w systemie ekologicznym (32 gatunki) (tab. 13).

W zbiorowiskach segetalnych we wszystkich systemach gospodarowania stwierdzono wzrost wartości wskaźnika różnorodności Shannona i równocześnie oraz spadek wartości indeksu dominacji Simpsona (tab. 13). W ostatnim 3-leciu badań wartości indeksów różnorodności i dominacji były zbliżone w systemach: ekologicznym, integrowanym i konwencjonalnym, mimo wyraźnie większego bogactwa gatunkowego w systemie ekologicznym. Wynika to z faktu, że wskaźniki te

uwzględniają zarówno liczbę gatunków, jak też ich udział w zbiorowisku, i mogą wskazywać na równomierny udział gatunków chwastów w systemach integrowanym i konwencjonalnym. Potwierdzają to wartości wskaźnika równocенności, które w latach 2009–2011 były wysokie dla systemu integrowanego i konwencjonalnego (0,81–0,82). Pomimo zbliżonej liczby gatunków chwastów w pszenicy uprawianej w systemach: integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze w końcowym okresie badań, ten ostatni obiekt wyróżniał się najmniejszymi wartościami indeksów różnorodności i równocенności oraz największą wartością wskaźnika dominacji.

Analizując zmiany składu gatunkowego w zbiorowiskach segetalnych w ekologicznym systemie gospodarowania na przestrzeni lat 1996–2011, stwierdzono wzrost liczebności i procentowego udziału gatunków krótkotrwałych, takich jak: *Papaver rhoeas*, *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Apera spica-venti*, *Fallopia convolvulus*, *Lapsana communis* i *Viola arvensis* (tab. 14). Zaobserwowano znaczne zmniejszenie liczebności gatunków azotolubnych: *Chenopodium album* i *Galium aparine* w ekologicznej uprawie pszenicy. Pojawiły się natomiast nowe gatunki, których nie zanotowano na początku okresu badawczego: *Anthemis arvensis*, *Taraxacum officinale* i *Consolida regalis*.

We wszystkich systemach gospodarowania zmniejszyła się liczebność *Elymus repens*, co wynikało ze skuteczności stosowanych zabiegów agrotechnicznych w ograniczaniu występowania tego uciążliwego gatunku. W konwencjonalnej uprawie pszenicy nie stwierdzono występowania *Chenopodium album* od 2005 r., co może wynikać z wrażliwości tego gatunku na stosowane herbicydy i uproszczenia zmianowania. Tylko w pierwszym roku badań zaobserwowano na tym obiekcie *Myosotis arvensis* i *Anagallis arvensis* (tab. III Aneks). W łanie pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze zmniejszyła się liczebność *Echinochloa crus-galli*, która licznie występowała w 1996 r., natomiast wzrósł udział dwóch gatunków: *Apera spica-venti* (z 5 do 41%) i *Viola arvensis* (z 12 do 30%).

#### **4.1.2. Ocena podobieństwa jakościowego i ilościowego zbiorowisk segetalnych w łanie pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania**

Analiza podobieństwa zbiorowisk chwastów w pszenicy ozimej w porównywalnych systemach gospodarowania przeprowadzona za pomocą wskaźników Sorensena wykazała, że wartości jakościowego wskaźnika podobieństwa były większe niż ilościowego (tab. 15). Wskazuje to na istnienie większego podobieństwa w składzie gatunkowym niż w liczebności gatunków wspólnych i może sugerować, że zmiany jakościowe w zbiorowiskach chwastów zachodzą wolniej niż zmiany ilościowe. Duże podobieństwo jakościowe i ilościowe cechowało zbiorowiska segetalne w ekologicznym systemie gospodarowania, co wskazuje na ich stałość i stabilność w latach.

Tabela 15

Wartości wskaźników podobieństwa jakościowego i ilościowego między zbiorowiskami chwastów w uprawie pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania i latach badań; dane z 2001 roku publikowane (Feledyn-Szewczyk 2003, Feledyn-Szewczyk i Duer 2006) The values of qualitative and quantitative indices of similarity between weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems and years; the results from 2001 were published (Feledyn-Szewczyk 2003, Feledyn-Szewczyk and Duer 2006)

System gospodarowania i lata badań; Farming system and years		Ekologiczny; Organic				Integrowany; Integrated				Konwencjonalny; Conventional				Monokultura; Monoculture			
		1996	2001	2006	2011	1996	2001	2006	2011	1996	2001	2006	2011	1996	2001	2006	2011
		jakościowy wskaźnik podobieństwa; qualitative index of similarity															
Ekologiczny; Organic	1996	×	45	44	36	80	33	25	33	38	22	20	40	53	55	46	20
	2001	14	×	65	63	52	30	13	30	48	12	11	33	35	21	38	22
	2006	40	8	×	71	42	27	8	20	41	15	14	14	30	28	32	14
	2011	27	32	52	×	41	19	7	13	50	14	14	21	41	20	31	21
Integrowany; Integrated	1996	41	37	51	59	×	31	22	31	46	20	18	36	63	50	43	18
	2001	1	6	1	4	2	×	33	40	21	57	50	25	15	67	36	25
	2006	0	1	0	0	0	9	×	33	0	0	0	50	0	40	0	0
	2011	0	2	1	1	1	27	10	×	11	0	0	50	31	44	18	25
Konwencjonalny; Conventional	1996	28	27	32	45	65	2	0	1	×	13	12	12	46	11	30	12
	2001	1	2	1	1	1	8	0	0	1	×	80	0	20	67	50	40
	2006	0	0	0	3	0	9	0	0	0	2	×	0	18	57	44	33
	2011	1	4	2	1	2	8	29	26	1	0	0	×	36	29	44	67
Monokultura; Monoculture	1996	4	9	6	6	9	1	0	2	10	1	0	2	×	33	43	36
	2001	10	19	2	18	36	4	1	3	51	3	11	1	3	×	40	29
	2006	6	15	13	18	20	3	0	8	16	11	2	14	3	15	×	67
	2011	3	17	3	4	10	11	0	2	9	2	31	16	7	11	7	×

Przedziały wartości wskaźników podobieństwa; Value ranges of similarity indices:

□ niski (0–30%)    □ średni (31–60%)    □ wysoki (61–100%)

Zbiorowiska segetalne w badanych systemach były najbardziej podobne do siebie w pierwszym okresie badań, zwłaszcza system integrowany do ekologicznego. W kolejnych latach stosowanie zróżnicowanej agrotechniki w analizowanych systemach (płodzmian, nawożenie, herbicydy) spowodowało zróżnicowanie zbiorowisk segetalnych, zwłaszcza pod względem ilościowym. Wartości ilościowego wskaźnika podobieństwa były niewielkie, często wynosiły 0, co wynikało z dużej zmienności.

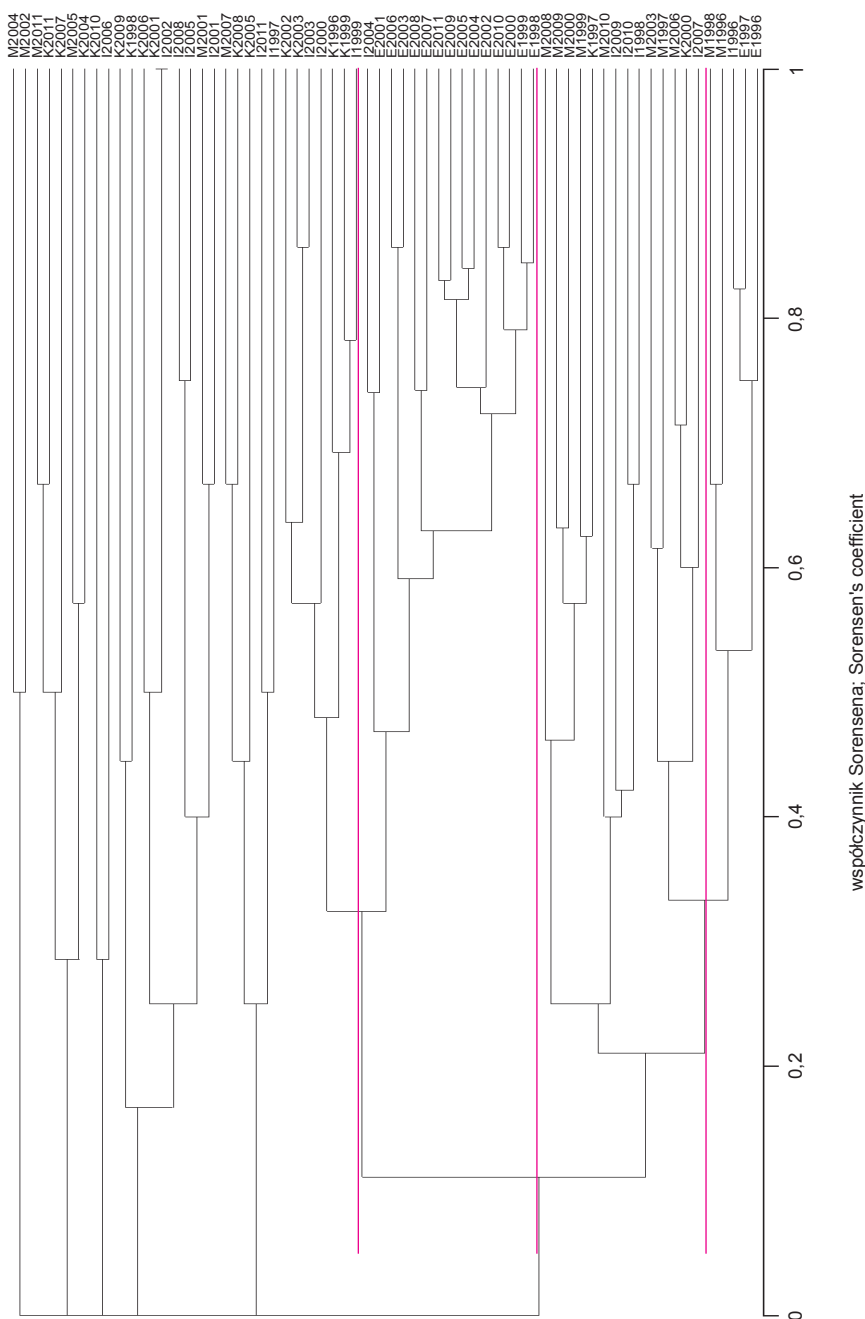


ści składu gatunkowego zbiorowisk chwastów w latach, zwłaszcza w systemach, w których stosowano herbicydy (tab. 15).

Klasyfikacja obiektów za pomocą analizy hierarchicznej kumulującej, opartej na podobieństwie jakościowym z wykorzystaniem wskaźnika Sorensena, nie dała wyraźnego podziału na grupy, ale pozwoliła wyodrębnić skupienie złożone z prób należących do różnych systemów gospodarowania w pierwszym okresie badań (E:1996, E:1997, I:1996, M:1996, M:1998) (rys. 11). Potwierdza to podobieństwo zbiorowisk segetalnych występujących w łanie pszenicy ozimej w tych systemach gospodarowania w początkowych latach badań. Odrębny klaster tworzyło 14 prób z systemu ekologicznego i jedna z systemu integrowanego z 2004 r. Następne skupienia obejmowały próby reprezentujące zbiorowiska chwastów z systemów: konwencjonalnego, integrowanego i monokultury, które jednak nie grupowały się wyraźnie według kryterium systemu gospodarowania. Taki podział wskazuje na odmienność flory segetalnej w systemie ekologicznym w porównaniu z pozostałymi obiektami, które były odchwaszczane chemicznie. Świadczy to również o dużej zmienności zbiorowisk segetalnych w latach w systemach: integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze. W niektórych latach badań próby reprezentujące te systemy grupowały się blisko siebie, np. z uprawy integrowanej i konwencjonalnej w 2003 r. oraz konwencjonalnej i monokultury w 2011 r. Oznacza to, że stosowane herbicydy, często te same lub o zbliżonym spektrum działania, w podobny sposób różnicowały zbiorowiska. Ponadto zaobserwowano, że warunki pogodowe w danym roku często sprzyjały występowaniu określonego gatunku chwastu i wówczas pojawiał się on w zbiorowiskach towarzyszących pszenicy ozimej we wszystkich systemach gospodarowania, co zwiększało ich podobieństwo.

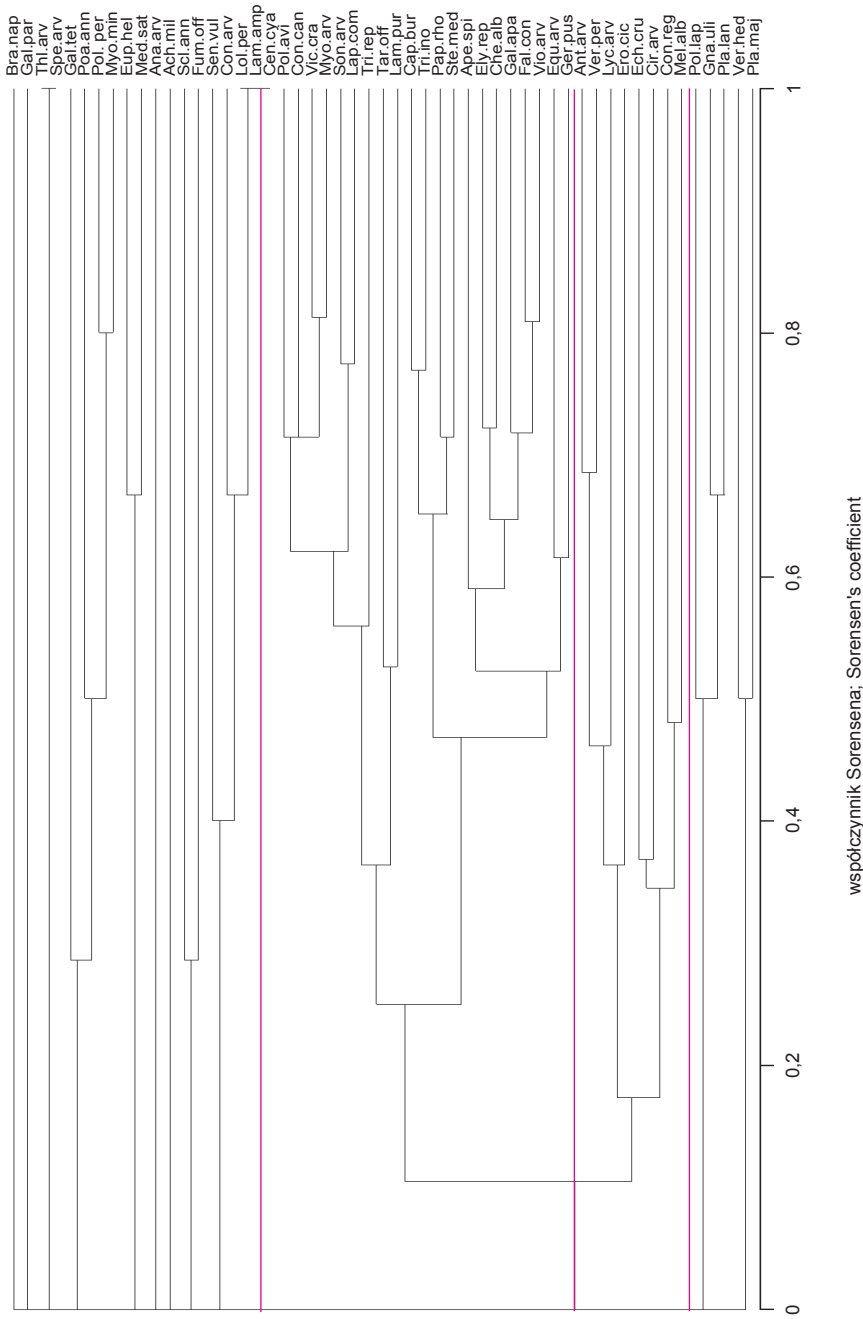
Klasyfikacja gatunków chwastów wskazuje na stopień podobieństwa ich występowania w próbach (rys. 12). Ponieważ w porównywanych obiektach było dużo gatunków wspólnych, dlatego nie stwierdzono wyraźnego ich grupowania metodą klasyfikacji hierarchicznej kumulującej z zastosowaniem jakościowego wskaźnika podobieństwa Sorensena. Można jednak wyodrębnić największe skupienie, zajmujące środkową część dendrogramu, które tworzą gatunki występujące najczęściej w systemie ekologicznym, co pokrywa się z klasyfikacją przedstawioną na rysunku 11.

W celu pogrupowania prób reprezentujących zbiorowiska chwastów w różnych systemach gospodarowania i latach pod względem ich podobieństwa, przeprowadzono także klasyfikację hierarchiczną dzielącą uwzględniającą następujące kryteria: liczbę gatunków, liczebność chwastów, wartości wskaźników różnorodności Shannona i dominacji Simpsona oraz równocенności (tab. 16).



Rys. 11. Wyniki klasyfikacji hierarchicznej kumulacyjnej z wykorzystaniem metody najbliższego sąsiada dla prób ze względu na podobieństwo jakościowe zbiorowisk chwastów

The results of the hierarchical cumulative classification using farthest neighbour method of samples due to the qualitative similarity of weed communities



Rys. 12. Wyniki klasyfikacji hierarchicznej kumulującej z wykorzystaniem metody najbliższego sąsiada dla gatunków chwastów ze względu na podobieństwo występowania w próbach

The results of the hierarchical cumulative classification using farthest neighbour method of weed species due to the similarity of occurrence in samples

Tabela 16

Wyniki analizy skupień dla zbiorowisk chwastów w łanie pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania i latach badań  
Cluster analysis for weed communities in winter wheat in different farming systems and years of research

Klaster; Cluster	Liczba i procentowy udział prób; Number and percentage of samples	Próba; Sample	Liczba gatunków (szt. · m <sup>-2</sup> ); Number of species (pcs. · m <sup>-2</sup> )	Liczba chwastów (roślin · m <sup>-2</sup> ); Number of weeds (plants · m <sup>-2</sup> )	Wskaźnik różnorodności Shannona; Shannon's diversity index	Wskaźnik dominacji Simpsona; Simpson's dominance index	Wskaźnik równocенności; Eveness index
1	5 (7,8%)	E:1996, E:2003, E:2006, M:1996, M:1999	14,4	187,2	0,82	0,62	0,33
2	37 (57,8%)	E:1997, I:1996, I:1998–2001, I:2003–2005, I:2008–2011, K:1996–2005, K:2008–2011, M:1997–1998, M:2000, M:2003, M:2005–2006, M:2008–2011	7,7	25,4	1,28	0,38	0,67
3	12 (18,8%)	E:1998–2002, E:2004–2005, E:2007–2011	23,9	94,9	2,04	0,20	0,65
4	10 (15,6%)	I:1997, I:2002, I:2006–2007, K:2006–2007, M:2001–2002, M:2004, M:2007	2,3	11,8	0,17	0,92	0,15

Przeprowadzona analiza potwierdziła odmienność zbiorowisk chwastów w ekologicznym systemie gospodarowania w porównaniu z pozostałymi badanymi obiektami. Większość prób z ekologicznego systemu gospodarowania (12 z 16 lat badań) należało do skupienia trzeciego, które charakteryzowało się największą średnią liczbą gatunków chwastów, znaczną liczebnością zbiorowisk, największą wartością wskaźnika różnorodności Shannona i najmniejszą indeksu dominacji oraz wysoką wartością wskaźnika równocенności (tab. 16).

Skupienie pierwsze charakteryzowało się największą liczbą chwastów, przeciętnym bogactwem gatunkowym, wysoką wartością wskaźnika dominacji Simpsona oraz niską wartością wskaźnika równocенności świadczącą o niewyrównanym udziale gatunków chwastów w zbiorowiskach. Do tego skupienia zaliczono zbiorowiska z systemu ekologicznego i monokultury pszenicy ozimej z pierwszego roku badań oraz dodatkowo dwie próby z systemu ekologicznego z późniejszego okresu i monokultury pszenicy z 1999 r. Duża liczebność chwastów była uwarunkowana w uprawie ekologicznej małą zwartością łanu, a w monokulturze pszenicy ozimej małą efektywnością zabiegów herbicydowych.

Do drugiego skupienia należało większość prób z systemów integrowanego, konwencjonalnego i monokultury pszenicy ozimej z lat 2008–2011 i 2003–2005. Cechowały się one małą liczbą gatunków i liczebnością chwastów w zbiorowiskach, przeciętnymi wartościami wskaźników różnorodności Shannona i dominacji Simpsona oraz najwyższą wartością wskaźnika równocенności.

Do skupienia czwartego zaliczono 10 prób wyłącznie z uprawy integrowanej, konwencjonalnej i monokultury pszenicy, które charakteryzowały się najuboższymi zbiorowiskami chwastów zarówno pod względem gatunkowym, jak też liczebności, najmniejszymi wartościami wskaźników Shannona i równocенności oraz bardzo wysoką wartością wskaźnika dominacji Simpsona. Wynikało to z dużej skuteczności herbicydów w ograniczaniu składu gatunkowego i liczebności chwastów w latach 2002, 2006 i 2007.

#### 4.1.3. Ocena zależności między systemami gospodarowania a występowaniem określonych gatunków chwastów w zbiorowiskach segetalnych w pszenicy ozimej

##### 4.1.3.1. Analiza z wykorzystaniem technik ordynacji pośredniej

W celu określenia zależności między systemami gospodarowania a występowaniem określonych gatunków chwastów w łanie pszenicy ozimej zastosowano techniki ordynacji pośredniej i bezpośredniej. Pozwalają one na pogrupowanie prób pod względem podobieństwa cech w przestrzeni wielowymiarowej. Jako pierwszą wykonano nietendycyjną analizę zgodności (DCA), która zalecana jest do wstępnego uporządkowania prób roślinności i wyboru dalszego postępowania w zależności od zróżnicowania danych. Wyniki analizy przedstawione w tabeli 17 wykazały, że oś pierwsza miała największą wartość własną i objaśniała 9,8% zmienności. Dwie pierwsze osie objaśniały 16,7%, a cztery osie razem – 25,9% zmienności.

Tabela 17

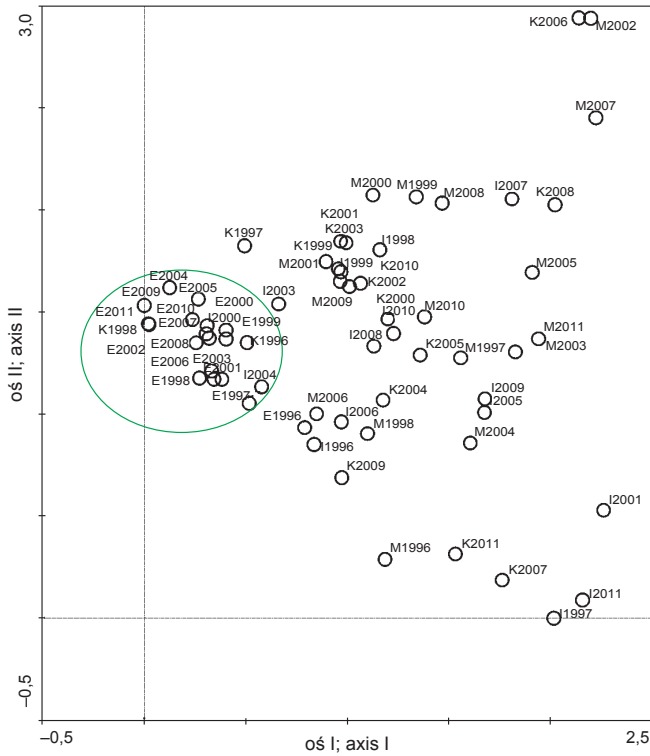
Zmienność objaśniana przez 4 pierwsze osie w analizie ordynacyjnej DCA zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania  
Variability explained by the first 4 axes in DCA ordination analysis of weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems

Parametry; Parameters	Oś; Axis				Suma wszystkich wartości własnych; Sum of all eigenvalues
	1	2	3	4	
Wartość własna; Eigenvalue	0,244	0,172	0,126	0,102	2,482
Długość gradientu; Length of gradient	2,260	2,941	2,648	3,089	
Skumulowany procent zmienności roślinności; Cumulative percentage variance of species data (%)	9,8	16,7	21,8	25,9	

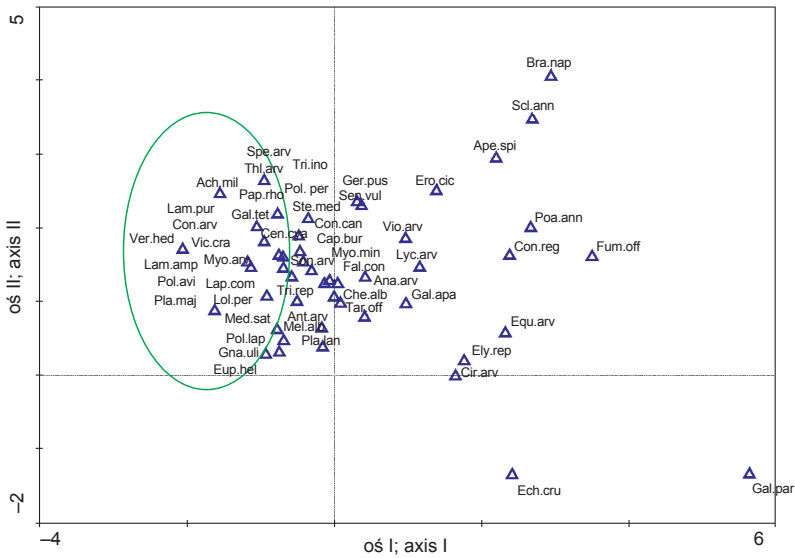
Wyniki porządkowania przedstawiono graficznie na diagramach, które dla większej przejrzystości sporządzono oddzielnie dla prób i gatunków (rys. 13 i 14). Mniejsze odległości między punktami na diagramie odzwierciedlają większe podobieństwo składu gatunkowego zbiorowisk w różnych systemach gospodarowania i latach. Wyniki porządkowania potwierdziły największe podobieństwo składu gatunkowego zbiorowisk chwastów w łanie pszenicy ozimej w latach w uprawie ekologicznej, natomiast w pozostałych sposobach gospodarowania flora segetalna bardziej się różniła, na co wskazują większe odległości między punktami na diagramach (rys. 13 i 14).

Na diagramie przedstawiającym uporządkowanie gatunków punkty położone w pobliżu siebie odpowiadają gatunkom występującym zwykle razem (rys. 14). Po lewej stronie wykresu znalazły się gatunki typowe dla systemu ekologicznego, m.in. *Papaver rhoeas*, *Veronica hederifolia*, *Lapsana communis*, *Achillea millefolium*, *Convolvulus arvensis*, *Thlaspi arvense*, *Polygonum aviculare*. Pośrodku wykresu ulokowały się gatunki występujące w zbiorowiskach we wszystkich systemach, m.in.: *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Viola arvensis*, *Galium aparine* i *Capsella bursa-pastoris*. W dużych odległościach od nich znalazły się gatunki charakterystyczne dla określonego sposobu gospodarowania i lat badań, np. *Brassica napus* (samosiew występujący tylko w systemie konwencjonalnym), *Scleranthus annuus* (stwierdzono tylko w jednym roku w systemie integrowanym) oraz *Galinsoga parviflora* (obserwowana w zbiorowisku chwastów w systemie integrowanym w dwóch latach badań). Pomiędzy nimi ulokowały się gatunki wspólne dla niektórych systemów, np. *Erodium cicutarium* (występował w uprawie ekologicznej, konwencjonalnej i monokulturze) oraz *Fumaria officinalis* (w uprawie konwencjonalnej i integrowanej). Razem występowały też często *Elymus repens* i *Cirsium arvense* w pszenicy uprawianej we wszystkich systemach gospodarowania. W dużej odległości znalazł się punkt odpowiadający *Echinochloa crus-galli* (rys. 14), którego położenie było zbliżone do punktu reprezentującego monokulturę pszenicy ozimej w 1996 r. na diagramie porządkującym próby (rys. 13), co było związane z licznym występowaniem tego gatunku (138 roślin·m<sup>-2</sup>) (tab. IV w aneksie). Diagram na rysunku 14 obrazuje duże różnice pomiędzy położeniem gatunków występujących częściej w systemie ekologicznym a gatunkami charakterystycznymi dla pozostałych systemów. Grupy te znajdują się na przeciwległych końcach osi I. Gradient osi I może być zatem interpretowany jako natężenie intensywności gospodarowania.

Długość gradientu osi pierwszej w analizie DCA wynosiła 2,260 odchylenia standardowego, co oznacza, że gatunki nie występowały w pełnym spektrum zgodnie z rozkładem Gaussa (tab. 17). Przy gradiencie osi w zakresie od 2 do 3 odchylenia standardowego dalsze analizy powinny być wykonywane metodami zalecanymi dla liniowego modelu danych (PCA, RDA), które uwypuklają dodatkowo liczebność gatunków licznych w zbiorowiskach.



Rys. 13. Diagram uporządkowania prób względem I i II osi DCA  
 Ordination diagram of samples in relation to first and second axes of DCA



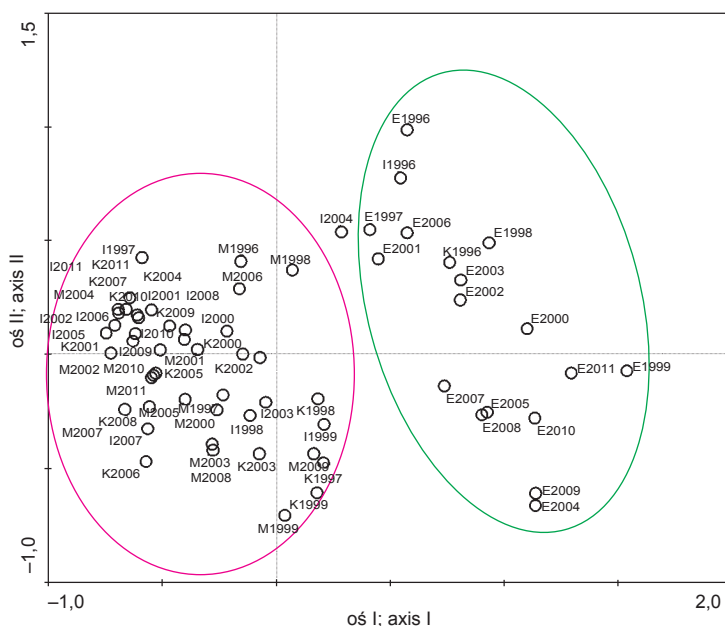
Rys. 14. Diagram uporządkowania gatunków względem I i II osi DCA  
 Ordination diagram of species in relation to first and second axes of DCA

Wyniki analizy PCA przedstawione w tabeli 18 wykazały, że oś pierwsza miała największą wartość własną i objaśniała 39,1% zmienności, czyli znacznie więcej niż przy analizie DCA. Dwie pierwsze osie objaśniały w sumie 51,4% zmienności, a cztery osie razem – 64,7% zmienności. Wyniki porządkowania dla prób i gatunków zostały przedstawione graficznie na rysunkach 15 i 16.

Tabela 18

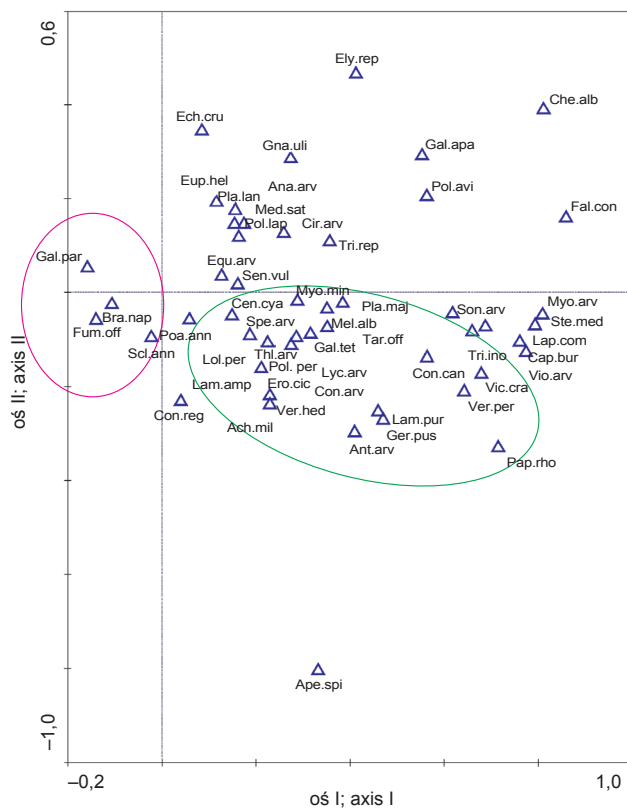
Zmienność objaśniana przez 4 pierwsze osie w analizie ordynacyjnej PCA zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania  
 Variability explained by the first 4 axes in PCA ordination analysis of weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems

Parametry; Parameters	Oś; Axis	1	2	3	4	Całkowita zmienność; Total variance
Wartość własna; Eigenvalue		0,391	0,122	0,072	0,062	1,000
Skumulowany procent zmienności roślinności (%); Cumulative percentage variance of species data		39,1	51,4	58,5	64,7	
Suma wszystkich wartości własnych; Sum of all eigenvalues		1,000				



Rys. 15. Diagram uporządkowania prób względem I i II osi PCA  
 Ordination diagram of samples in relation to first and second axes of PCA





Rys. 16. Diagram uporządkowania gatunków względem I i II osi PCA  
 Ordination diagram of species in relation to first and second axes of PCA

Po prawej stronie diagramu na rysunku 15 zgupowały się wszystkie próby z systemu ekologicznego oraz próby z uprawy konwencjonalnej i integrowanej z pierwszego roku badań, kiedy zbiorowiska segetalne były jeszcze mało zróżnicowane przez porównywane sposoby gospodarowania. W pobliżu znalazła się także próba reprezentująca zbiorowisko chwastów w systemie integrowanym w 2004 r., która została także zaliczona do jednego skupienia z próbkami z systemu ekologicznego w grupowaniu metodą klasyfikacji hierarchicznej kumulującej (rys. 11), co wskazuje na jej podobieństwo do zbiorowisk w uprawie ekologicznej.

Po lewej stronie diagramu na rysunku 15 znalazły się próby z systemów: integrowanego, konwencjonalnego i monokultury pszenicy ozimej, a po lewej stronie diagramu na rysunku 16 odpowiadające im gatunki, charakterystyczne dla tych systemów, m.in. *Galinsoga parviflora*, *Brassica napus*, *Fumaria officinalis*. Dużo gatunków zgromadziło się blisko siebie na diagramie, co oznacza, że występowały razem w próbach. Do gatunków „odstających” należał *Apera spica-venti* (rys. 16), którego liczebność była największa w zbiorowisku

w monokulturze pszenicy ozimej i systemie ekologicznym, ale występował we wszystkich systemach gospodarowania (tab. I–IV w aneksie).

Analiza PCA wykazała, że więcej gatunków było związanych z ekologicznym systemem gospodarowania niż z pozostałymi, intensywniejszymi systemami. Jednak w tej analizie położenie gatunków w centrum wykresu oznacza, że są one reprezentowane nielicznie i wnioskowanie o związku ich występowania ze zmiennymi agrotechnicznymi może być nieprecyzyjne lub wręcz niemożliwe.

#### 4.1.3.2. Analiza z wykorzystaniem technik ordynacji bezpośredniej

W celu wykonania ordynacji bezpośredniej założono, że zmienne agrotechniczne mają większy wpływ na zbiorowiska segetalne w badanych systemach gospodarowania niż warunki siedliskowe, które ze względu na bliskie położenie pól były podobne. Jako zmienne agrotechniczne, które mogą w największym stopniu różnicować zbiorowiska segetalne, przyjęto: zmianowanie, chemiczną regulację zachwaszczenia i nawożenie mineralne azotem (tab. 19).

Tabela 19

Zmienne agrotechniczne uwzględnione w analizie i ich wartości w różnych systemach gospodarowania  
Agrotechnical variable included in the analysis and their values in different farming systems

Zmienne agrotechniczne; Agrotechnical variables	System gospodarowania; Farming system			
	ekologiczny; organic	integrowany; integrated	konwencjonalny; conventional	monokultura; monoculture
Zmianowanie (liczba pól); Crop rotation (number of fields)	5	4	3	1
Herbicydy (liczba zabiegów); Herbicides (number of treatments)	0	2	3	3
Nawożenie mineralne azotem; Mineral nitrogen fertilization (kg N·ha <sup>-1</sup> )	0	85	140	140

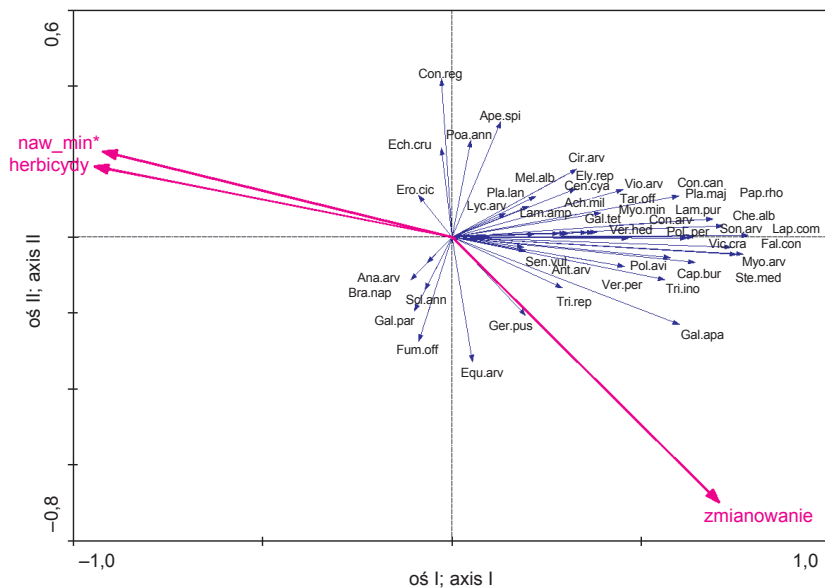
Wyniki analizy redundancji (RDA) przedstawione w tabeli 20 wykazały, że tylko trzy pierwsze osie były skorelowane z przyjętymi zmiennymi agrotechnicznymi. Oś pierwsza miała największą wartość własną i objaśniała 28,4% zmienności roślinności, a trzy osie razem – 31,5% ogólnej zmienności. Znaczną część zmienności, około 15%, tłumaczyła oś 4, która prawdopodobnie reprezentowała inne czynniki, środowiskowe lub agrotechniczne, nieuwzględnione w modelu.

Tabela 20

Zmienność objaśniana przez 4 pierwsze osie w analizie kanonicznej RDA zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania  
 Variability explained by the first 4 axes in RDA canonical analysis of weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems

Parametry; Parameters	Oś; Axis	1	2	3	4	Całkowita zmienność; Total variance
Wartość własna; Eigenvalue		0,284	0,024	0,007	0,151	1,000
Korelacja między gatunkami a zmiennymi agrotechnicznymi; Species-agrotechnical correlations;		0,869	0,607	0,346	0,000	
Skumulowany procent zmienności roślinności; Cumulative percentage variance of species data (%)		28,4	30,8	31,5	46,7	
Skumulowany procent zmienności zależności między roślinnością a zmiennymi agrotechnicznymi; Cumulative percentage variance of species – agrotechnical relation (%)		89,9	97,7	100,0	0,0	
Suma wszystkich wartości własnych; Sum of all eigenvalues		1,000				
Suma wszystkich kanonicznych wartości własnych; Sum of all canonical eigenvalues		0,315				

Diagram obrazujący wyniki analizy RDA (biplot) przedstawia położenie gatunków w przestrzeni osi kanonicznych I i II oraz kierunki zmian wielkości zmiennych agrotechnicznych uwzględnionych w modelu (rys. 17). Długość wektora zmiennej oznacza jego relatywną ważność w kształtowaniu zmienności występowania gatunków, kąt nachylenia – związek z daną osią (tym większy, im mniejszy kąt nachylenia), a zwrot – kierunek zwiększania się jego wartości. W przeprowadzonej analizie wszystkie badane zmienne miały podobną długość wektorów i skorelowane były w największym stopniu z gradientem osi I (rys. 17, tab. 21). Kierunki wektorów wskazują, że gradient związany ze stosowaniem herbicydów oraz nawożenia mineralnego zwiększa się na diagramie od prawej do lewej strony, a gradient zmianowania odwrotnie – wzrasta od lewej do prawej strony. Na diagramie gatunki reprezentowane są przez wektory, a cosinus kąta między wektorem danego gatunku a wektorem zmiennej agrotechnicznej jest w przybliżeniu współczynnikiem korelacji pomiędzy występowaniem gatunku a tym parametrem. Wektory skierowane w tym samym kierunku wskazują na dodatnią korelację, skierowane pod kątem prostym – brak korelacji, a skierowane w kierunkach przeciwnych – ujemną korelację.



\* naw\_min – nawożenie mineralne; mineral fertilization, herbicydy; herbicides; zmianowanie; crop rotation

Rys. 17. Diagram uporządkowania gatunków i zmiennych agrotechnicznych względem I i II osi RDA (biplot RDA)

Ordination diagram of species and agrotechnical variables in relations to first and second axes of RDA (RDA biplot)

Tabela 21

Korelacje zmiennych agrotechnicznych z osiami kanonicznymi RDA w analizie zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania  
Inter set correlations of agrotechnical variables with RDA canonical axes in analysis of weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems

Zmienne agrotechniczne; Agrotechnical variables	Oś I; Axis I	Oś II; Axis II	Oś III; Axis III	Oś IV; Axis IV
Zmianowanie; Crop rotation	0,614	-0,424	-0,039	0,000
Nawożenie mineralne; Mineral fertilization	-0,802	0,137	0,109	0,000
Herbicydy; Herbicides	-0,821	0,113	0,094	0,000

Przeprowadzona analiza wykazała, że większość gatunków grupuje się w prawej części przestrzeni diagramu i jest związana z rosnącym gradientem zmianowania, czyli większą liczbą pól w zmianowaniu oraz malejącym gradientem chemicznej

regulacji zachwaszczenia i nawożenia mineralnego azotem (rys. 17). Stosunkowo mało gatunków związanych jest z rosnącym gradientem stosowania herbicydów i nawożenia mineralnego, co odpowiada intensywnym systemom gospodarowania.

Wyniki krokowej selekcji zmiennych przedstawione w tabeli 22 jako efekty brzegowe pokazują, jaka część zmienności występowania gatunków jest tłumaczona przez każdą zmienną niezależnie, jakby to był jedyny czynnik uwzględniony w analizie. Wyniki przedstawione jako efekty warunkowe zawierają zmienne agrotechniczne uporządkowane w kolejności ich włączania do modelu. Przy każdej zmiennej wyszczególniona jest wielkość zmienności (wartość lambda), jaką dana zmienna tłumaczy dodatkowo po dołączeniu do modelu, który tworzony jest przez zmienne ją poprzedzające. Ponadto określono poziom istotności danej zmiennej uzyskany w teście permutacyjnym Monte Carlo oraz wartość statystyki F tego testu. Uzyskane wyniki wykazały, że przy testowaniu niezależnym każdej zmiennej agrotechnicznej uwzględnionej w modelu chemiczna ochrona i nawożenie mineralne tłumaczyły podobną część zmienności (25 i 24%), a zmianowanie – 15% zmienności. Przy testowaniu zależnym stosowanie herbicydów tłumaczyło 25% , nawożenie mineralne – dodatkowo 5%, a zmianowanie 2% zmienności. Dwie pierwsze zmienne były istotne (tab. 22).

Tabela 22

Wyniki krokowej selekcji zmiennych i testu permutacyjnego Monte Carlo  
The results of forward selection of variables and Monte Carlo permutation test

Zmienne agrotechniczne; Agrotechnical variables	Efekty brzegowe; Marginal effects	Efekty warunkowe; Conditional effects		
	udział w zmienności; share of variance (lambda)	udział w zmienności; share of variance (lambda)	poziom istotności; level of significance	wartość statystyki F; F-ratio
Herbicydy; Herbicides	0,25	0,25	0,002	21,14
Nawożenie mineralne; Mineral fertilization	0,24	0,05	0,004	3,80
Zmianowanie; Crop rotation	0,15	0,02	0,122	1,53

Wyniki testu istotności pierwszej osi kanonicznej wykazały, że istnieje silny, istotny ( $p = 0,002$ ) gradient wywołujący zróżnicowanie występowania gatunków (tab. 23). Ponadto badania potwierdziły, że istnieje istotny związek występowania gatunków z gradientami wszystkich osi kanonicznych RDA.

Tabela 23

Wyniki testu permutacyjnego Monte Carlo istotności osi kanonicznych RDA  
The results of the Monte Carlo permutation test of RDA canonical axes significance

Test znaczenia; Test of significance:	Wartość własna; Eigenvalue	Poziom istotności; Level of significance	Wartość statystyki F; F-ratio
Pierwszej osi kanonicznej; Of the first canonical axis	0,284	0,002	23,742
Wszystkich osi kanonicznych; Of all canonical axes	0,315	0,002	9,217

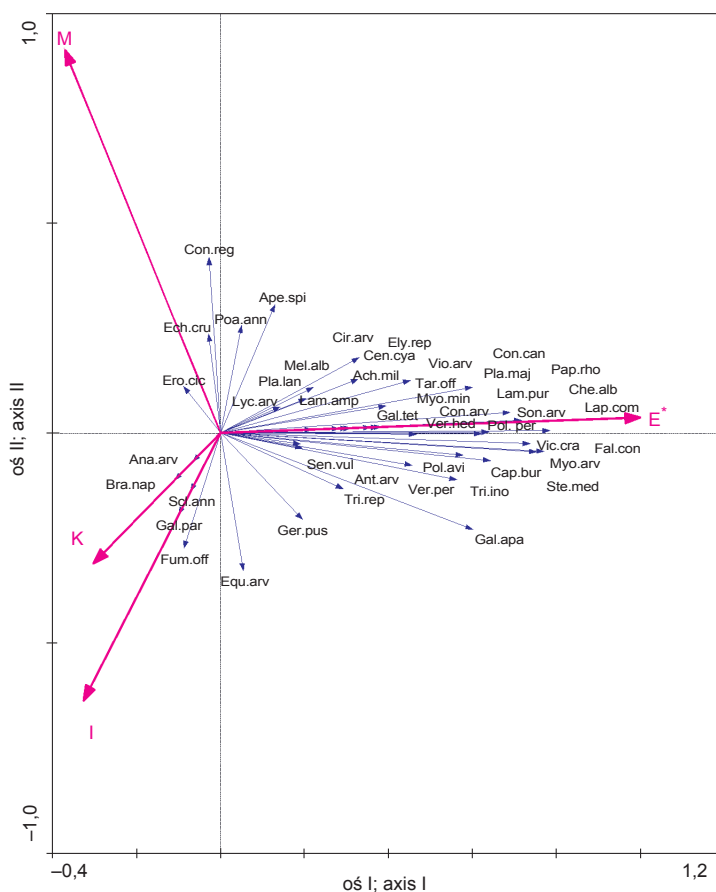
Dalsza analiza, w której za zmienne agrotechniczne przyjęto systemy gospodarowania, wykazała podobne uporządkowanie gatunków, jak przy zmiennych agrotechnicznych uwzględnionych w poprzednim modelu (rys. 17 i 18). Oś pierwsza miała największą wartość własną i objaśniała 28,4% zmienności roślinności, a trzy pierwsze osie razem – 31,5% ogólnej zmienności (tab. 24). Oś czwarta reprezentowała zróżnicowanie wobec innych czynników i objaśniała 15,2% ogólnej zmienności roślinności.

Tabela 24

Zmienność objaśniana przez 4 pierwsze osie w analizie kanonicznej RDA zbiorowisk segetalnych w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach gospodarowania  
Variability explained by the first 4 axes in canonical analysis RDA of weed communities in winter wheat cultivated in different farming systems

Parametry; Parameters	Oś; Axis	1	2	3	4	Całkowita zmienność; Total variance
Wartość własna; Eigenvalue		0,284	0,024	0,007	0,151	1,000
Korelacja między gatunkami a zmiennymi agrotechnicznymi; Species-agrotechnical correlations		0,869	0,607	0,346	0,000	
Skumulowany procent zmienności roślinności; Cumulative percentage variance of species data (%)		28,4	30,8	31,5	46,7	
Skumulowany procent zmienności zależności między roślinnością a zmiennymi agrotechnicznymi; Cumulative percentage variance of species – agrotechnical relation (%)		89,9	97,7	100,0	0,0	
Suma wszystkich wartości własnych; Sum of all eigenvalues		1,000				
Suma wszystkich kanonicznych wartości własnych; Sum of all canonical eigenvalues		0,315				

Wyniki porządkowania dla gatunków względem I i II osi kanonicznej zostały przedstawione graficznie na rysunku 18.



\* objaśnienia skrótów na str. 7; explanation of abbreviations on page 7

Rys. 18. Diagram uporządkowania gatunków i zmiennych agrotechnicznych względem I i II osi RDA (biplot RDA)

Ordination diagram of species and agrotechnical variables in relations to first and second axis of RDA (RDA biplot)

Wzdłuż gradientu osi pierwszej największa korelacja między zmiennymi agrotechnicznymi a położeniem gatunków wystąpiła dla ekologicznego systemu gospodarowania. Z osią drugą dodatnio skorelowana była monokultura pszenicy ozimej oraz ujemnie – systemy integrowany i konwencjonalny, przy czym system konwencjonalny był w największym stopniu skorelowany z trzecią osią kanoniczną (tab. 25).

Tabela 25

Korelacje zmiennych agrotechnicznych z osiami kanonicznymi RDA  
 Inter set correlations of agrotechnical variables with RDA axes

Zmienne agrotechniczne (system gospodarowania); Agrotechnical variables (farming system)	Oś I; Axis I	Oś II; Axis II	Oś III; Axis III	Oś IV; Axis IV
Ekologiczny; Organic	0,866	0,016	-0,010	0,000
Integrowany; Integrated	-0,290	-0,399	-0,226	0,000
Konwencjonalny; Conventional	-0,260	-0,140	0,322	0,000
Monokultura; Monoculture	-0,317	0,523	-0,086	0,000

System ekologiczny był tą zmienną, która w największym stopniu odpowiadała za zróżnicowanie roślinności (rys. 18). Z gradientem tego systemu gospodarowania było związanych najwięcej gatunków, w tym najsilniej: *Lapsana communis*, *Chenopodium album*, *Papaver rhoeas*, *Lamium purpureum*, *Lamium amplexicaule*, *Myosotis arvensis*, *Sonchus arvensis*, *Fallopia convolvulus*, *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Polygonum aviculare*, *Tripleurospermum inodorum*, *Veronica persica*. Z wektorem systemu integrowanego w największym stopniu skorelowane były: *Fumaria officinalis*, *Galinsoga parviflora*, *Scleranthus annuus*, *Equisetum arvense*, a z konwencjonalnym: *Brassica napus* i *Anagallis arvensis*. Z monokulturą pszenicy związana była *Consolida regalis*, w mniejszym stopniu *Erodium cicutarium* i *Echinochloa crus-galli*, która wystąpiła bardzo licznie tylko w pierwszym roku badań (1996), natomiast w kolejnych latach jej liczebność znacznie się zmniejszyła. *Apera spica-venti* znalazła się pomiędzy monokulturą a systemem ekologicznym, co oznacza, że jest charakterystyczna dla obu systemów gospodarowania, choć silniejszy był jej związek z monokulturą pszenicy, o czym świadczy mniejszy kąt, jaki tworzy z wektorem reprezentującym ten system.

Wśród nielicznych gatunków związanych z intensywnymi systemami produkcji (integrowanym, konwencjonalnym i monokulturą) były takie, które można uznać za charakterystyczne dla tych systemów, dobrze znoszące wyższe nawożenie mineralne, jak *Galinsoga parviflora* i *Erodium cicutarium* oraz takie, które przypadkowo pojawiły się w danym roku ze względu na dużą pulę nasion w glebowym banku lub migrację nasion z sąsiednich pól i innych siedlisk. Niektóre gatunki, np. *Anagallis arvensis*, wystąpiły tylko w pierwszym roku w systemie konwencjonalnym, potem nie były notowane, prawdopodobnie ze względu na ich wrażliwość na intensywny sposób gospodarowania (tab. III w aneksie).

Wyniki krokowej selekcji zmiennych przedstawione w tabeli 26 wykazały, że przy testowaniu niezależnym (efekty brzegowe) każdej zmiennej agrotechnicznej uwzględnionej w modelu największa część zmienności – 28% była objaśniana przez



system ekologiczny, 6% przez monokulturę pszenicy ozimej, 5% przez system integrowany, a najmniejszą część zmienności objaśniał system konwencjonalny – 3%. Przy testowaniu zależnym (efekty warunkowe) tylko dwie zmienne: system ekologiczny i monokultura były istotne, objaśniając razem 31% zmienności.

Tabela 26

Wyniki krokowej selekcji zmiennych środowiskowych i testu permutacyjnego Monte Carlo  
The results of forward selection of variables and Monte Carlo permutation test

Zmienne agrotechniczne; Agrotechnical variables		Efekty brzegowe; Marginal effects	Efekty warunkowe; Conditional effects		
		udział w zmienności; the share of variance (lambda)	udział w zmienności; the share of variance (lambda)	poziom istotności; level of significance	wartość statystyki F; F-ratio
System gospodarowania; Farming system	ekologiczny; organic	0,28	0,28	0,002	24,52
	monokultura; monoculture	0,06	0,03	0,034	1,96
	integrowany; integrated	0,05	0,00	0,688	0,77
	konwencjonalny; conventional	0,03	-	-	-

Wyniki testu permutacyjnego Monte Carlo wykazały, że istnieje silny, istotny związek ( $p = 0,002$ ) występowania gatunków z gradientami zarówno pierwszej, jak i wszystkich osi kanonicznych RDA (tab. 27).

Tabela 27

Wyniki testu permutacyjnego Monte Carlo istotności osi kanonicznych RDA  
The results of the Monte Carlo permutation test of RDA canonical axes significance

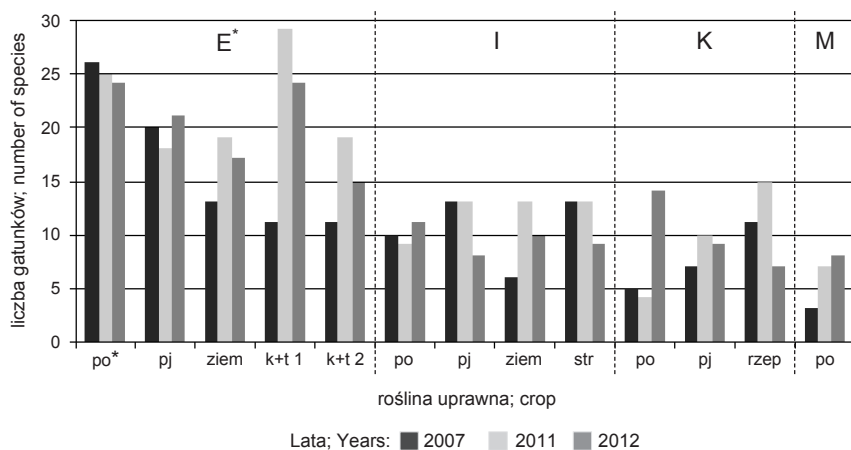
Test znaczenia; Test of significance:	Wartość własna; Eigenvalue	Poziom istotności; Level of significance	Wartość statystyki F; F-ratio
Pierwszej osi kanonicznej; Of first canonical axis	0,284	0,002	23,782
Wszystkich osi kanonicznych; Of all canonical axes	0,315	0,002	9,179

## 4.2. RÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWA FLORY TOWARZYSZĄCEJ JEDNOROCZNYM UPRAWOM ROLNICZYM I WIELOLETNIM ROŚLINOM UPRAWIANYM NA CELE ENERGETYCZNE

### 4.2.1. Ocena różnorodności i podobieństwa zbiorowisk chwastów w różnych gatunkach roślin uprawianych w ekologicznym, integrowanym i konwencjonalnym systemie gospodarowania

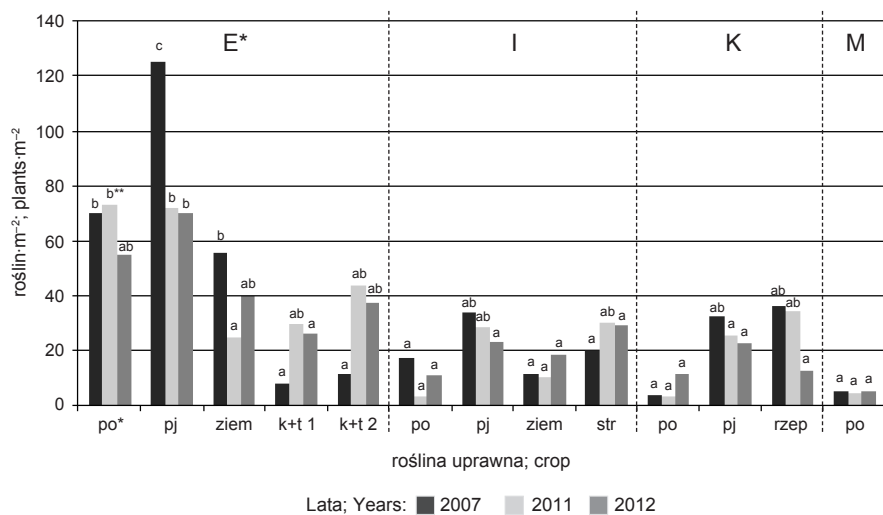
Różnorodność gatunkowa oraz liczebność chwastów różniły się w latach oraz między gatunkami roślin uprawianych w porównywanych systemach gospodarowania (rys. 19 i 20). Stwierdzono istotne interakcje badanych czynników z latami, w związku z tym analizy wykonano dla każdego roku oddzielnie.

Największą różnorodność gatunkową flory segetalnej zaobserwowano w roślinach uprawianych w systemie ekologicznym, gdzie łącznie na pięciu polach tworzących ten sposób gospodarowania w analizowanym 3-leciu (2007 i 2011–2012) wystąpiły 52 gatunki chwastów (tab. 28). Na czterech polach systemu integrowanego odnotowano łącznie 29 gatunków chwastów (tab. 29), natomiast w zmianowaniu 3-polowym w systemie konwencjonalnym – 30 taksonów (tab. 30). Najuboższym składem gatunkowym charakteryzowało się zbiorowisko chwastów w monokulturze pszenicy ozimej, gdzie stwierdzono tylko 13 gatunków chwastów (tab. 30).



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 19. Liczba gatunków chwastów w uprawach rolniczych w różnych systemach gospodarowania  
Number of weed species in crops cultivated in different farming systems



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7  
 \*\* a, b, c – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukeya, średnie porównywano dla każdego roku oddzielnie; values marked with the same letters do not differ significantly according to Tukey’s test, means were compared separately for each year

Rys. 20. Liczebność chwastów w uprawach rolniczych w różnych systemach gospodarowania  
 Number of weeds in crops cultivated in different farming systems

Tabela 28

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w roślinach uprawianych w systemie ekologicznym (średnia z lat 2007, 2011–2012)  
 Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in crops cultivated in organic system (mean from 2007, 2011–2012)

Gatunek chwastu; Weed species	Roślina uprawna (kolejność jak w zmianowaniu); Crop (order of the rotation)					Średnio; Mean
	ziemniak; potatoo	pszenica jara; spring wheat	koniczyny + trawy I rok użytk.; clovers + grasses 1 year	koniczyny + trawy II rok użytk.; clovers + grasses 2 year	pszenica ozima; winter wheat	
Che.alb	13,08	21,98	2,72	5,28	7,30	<b>10,07</b>
Vio.arv	4,42	21,65	0,50	0,30	5,40	<b>6,45</b>
Ste.med	3,83	4,77	2,08	2,37	18,03	<b>6,22</b>
Cap.bur	2,08	6,68	1,30	2,80	5,60	<b>3,69</b>
Lam.pur	0,73	4,58	0,07	0,25	9,30	<b>2,99</b>
Lap.com	0,23	3,88	0,07	4,47	3,30	<b>2,39</b>
Gal.apa	2,97	2,25	0,97	0,43	4,00	<b>2,12</b>
Fal.con	1,50	4,35	0,45	1,32	2,37	<b>2,00</b>

cd. tab. 28

Gatunek chwastu; Weed species	Roślina uprawna (kolejność jak w zmianowaniu); Crop (order of the rotation)					Średnio; Mean
	ziemniak; potatoe	pszenica jara; spring wheat	koniczyny + trawy I rok użytk.; clovers + grasses 1 year	koniczyny + trawy II rok użytk.; clovers + grasses 2 year	pszenica ozima; winter wheat	
Pap.rho	1,00	6,28	0,25	0,03	1,43	<b>1,80</b>
Tri.ino	0,33	2,55	4,88	0,53	0,47	<b>1,75</b>
Vic.hir	0,63	3,20	0,20	2,10	1,37	<b>1,50</b>
Cir.arv	2,15	0,80	0,67	1,87	1,83	<b>1,46</b>
Tar.off	0,33	0,00	0,62	4,00	0,37	<b>1,06</b>
Ver.per	0,00	0,42	1,27	0,07	0,80	<b>0,51</b>
Ger.pus	0,03	1,18	0,70	0,10	0,23	<b>0,45</b>
Myo.arv	0,07	0,37	0,37	0,37	0,50	<b>0,34</b>
Mel.alb	0,07	0,62	0,23	0,55	0,07	<b>0,31</b>
Pla.maj	0,17	0,00	0,30	1,00	0,00	<b>0,29</b>
Con.can	0,00	0,00	0,40	0,57	0,00	<b>0,19</b>
Pol.avi	0,08	0,25	0,20	0,30	0,07	<b>0,18</b>
Pol.per	0,00	0,10	0,40	0,00	0,40	<b>0,18</b>
Son.arv	0,00	0,13	0,37	0,00	0,17	<b>0,13</b>
Lyc.arv	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	<b>0,11</b>
Myo.min	0,00	0,03	0,50	0,00	0,03	<b>0,11</b>
Lam.amp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	<b>0,10</b>
Pla.lan	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	<b>0,06</b>
Tri.rep	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	<b>0,05</b>
Ant.arv	0,00	0,00	0,13	0,07	0,03	<b>0,05</b>
Vic.cra	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	<b>0,04</b>
Cer.arv	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	<b>0,03</b>
Gal.tet	0,00	0,03	0,00	0,00	0,10	<b>0,03</b>
Cen.cya	0,00	0,03	0,07	0,00	0,03	<b>0,03</b>
Fum.off	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	<b>0,03</b>
Rap.rap	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	<b>0,03</b>
Ama.ret	0,07	0,00	0,00	0,00	0,07	<b>0,03</b>
Rum.ace	0,00	0,00	0,03	0,08	0,00	<b>0,02</b>
Gal.par	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	<b>0,02</b>
Lac.ser	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	<b>0,02</b>
Ero.cic	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	<b>0,02</b>
Ger.dis	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	<b>0,01</b>
Sin.arv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	<b>0,01</b>
Sol.can	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	<b>0,01</b>
Con.reg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	<b>0,01</b>
Pot.ans	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	<b>0,01</b>
Con.arv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	<b>0,01</b>
Thl.arv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	<b>0,01</b>
Eup.hel	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	<b>0,01</b>

cd. tab. 28

Gatunek chwastu; Weed species	Roślina uprawna (kolejność jak w zmianowaniu); Crop (order of the rotation)					Średnio; Mean
	ziemniak; potatoe	pszenica jara; spring wheat	koniczyny + trawy I rok użytk.; clovers + grasses 1 year	koniczyny + trawy II rok użytk.; clovers + grasses 2 year	pszenica ozima; winter wheat	
<b>Dwuliścienne; Dicotyledonous</b>	<b>33,83</b>	<b>86,98</b>	<b>20,35</b>	<b>28,89</b>	<b>64,56</b>	<b>46,92</b>
Ech.cru	4,17	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,83</b>
Ely.rep	1,43	0,00	0,03	0,17	0,27	<b>0,38</b>
Ape.spi	0,00	0,53	0,03	0,00	0,70	<b>0,25</b>
Poa.ann	0,00	0,03	0,03	0,17	0,17	<b>0,08</b>
<b>Jednoliścienne; Monocotyledonous</b>	<b>5,60</b>	<b>0,56</b>	<b>0,09</b>	<b>0,34</b>	<b>1,14</b>	<b>1,55</b>
Equ.arv	0,33	1,12	0,18	0,97	0,00	<b>0,52</b>
<b>Skrzypy; Horsetail</b>	<b>0,33</b>	<b>1,12</b>	<b>0,18</b>	<b>0,97</b>	<b>0,00</b>	<b>0,52</b>
<b>Suma; Total</b>	<b>39,76</b>	<b>88,66</b>	<b>20,62</b>	<b>30,20</b>	<b>65,70</b>	<b>48,99</b>
<b>Liczba gatunków; Number of species</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>36</b>	<b>26</b>	<b>37</b>	<b>52</b>

Tabela 29

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w roślinach uprawianych w systemie integrowanym (średnia z lat 2007, 2011–2012)

Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in crops cultivated in integrated system (mean from 2007, 2011–2012)

Gatunek chwastu; Weed species	Roślina uprawna (kolejność jak w zmianowaniu); Crop (order of the rotation)				Średnio; Mean
	ziemniak; potatoe	pszenica jara; spring wheat	strączkowe; legumes	pszenica ozima; winter wheat	
Che.alb	1,67	7,47	8,02	0,62	<b>4,44</b>
Fum.off	4,50	2,93	4,03	0,14	<b>2,90</b>
Fal.con	0,17	1,98	4,45	0,58	<b>1,80</b>
Vio.arv	0,30	1,30	0,55	4,00	<b>1,54</b>
Gal.apa	0,00	2,60	1,08	0,93	<b>1,15</b>
Cir.arv	0,82	0,80	0,12	0,49	<b>0,56</b>
Lyc.arv	0,17	0,00	0,67	0,00	<b>0,21</b>
Ste.med	0,07	0,58	0,00	0,15	<b>0,20</b>
Gal.par	0,00	0,28	0,33	0,03	<b>0,16</b>
Ama.ret	0,07	0,17	0,33	0,00	<b>0,14</b>
Pol.avi	0,17	0,00	0,27	0,00	<b>0,11</b>
Tri.ino	0,00	0,33	0,00	0,07	<b>0,10</b>
Tri.rep	0,00	0,03	0,30	0,00	<b>0,08</b>
Pol.per	0,10	0,03	0,15	0,00	<b>0,07</b>
Cap.bur	0,10	0,17	0,00	0,00	<b>0,07</b>

cd. tab. 29

Gatunek chwastu; Weed species	Roślina uprawna (kolejność jak w zmianowaniu); Crop (order of the rotation)				Średnio; Mean
	ziemniak; potatoe	pszenica jara; spring wheat	strączkowe; legumes	pszenica ozima; winter wheat	
Ger.pus	0,08	0,08	0,08	0,00	<b>0,06</b>
Ger.dis	0,07	0,13	0,00	0,00	<b>0,05</b>
Lam.pur	0,20	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>
Myo.arv	0,00	0,17	0,00	0,00	<b>0,04</b>
Ero.cic	0,00	0,00	0,00	0,13	<b>0,03</b>
Gal.tet	0,00	0,00	0,07	0,07	<b>0,03</b>
Con.reg	0,00	0,00	0,00	0,08	<b>0,02</b>
Rap.rap	0,08	0,00	0,00	0,00	<b>0,02</b>
Eup.hel	0,00	0,00	0,07	0,00	<b>0,02</b>
Ver.per	0,00	0,00	0,00	0,07	<b>0,02</b>
<b>Dwuliścienne; Dicotyledonous</b>	<b>8,55</b>	<b>19,07</b>	<b>20,52</b>	<b>7,37</b>	<b>13,88</b>
Ech.cru	3,25	6,32	3,48	0,47	<b>3,38</b>
Ape.spi	0,00	0,83	0,03	1,17	<b>0,51</b>
Ely.rep	0,00	0,00	0,15	0,07	<b>0,05</b>
<b>Jednoliścienne; Monocotyledonous</b>	<b>3,25</b>	<b>7,15</b>	<b>3,67</b>	<b>1,70</b>	<b>3,94</b>
Equ.arv	1,00	1,58	1,93	1,07	<b>1,40</b>
<b>Skrzypy; Horestail</b>	<b>1,00</b>	<b>1,58</b>	<b>1,93</b>	<b>1,07</b>	<b>1,40</b>
<b>Razem; Total</b>	<b>12,80</b>	<b>27,80</b>	<b>26,12</b>	<b>10,14</b>	<b>19,22</b>
<b>Liczba gatunków; Number of species</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>29</b>

Tabela 30

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w roślinach uprawianych w systemie konwencjonalnym i monokulturze pszenicy ozimej (średnia z lat 2007, 2011–2012)  
Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in crops cultivated in conventional system and monoculture of winter wheat (mean from 2007, 2011–2012)

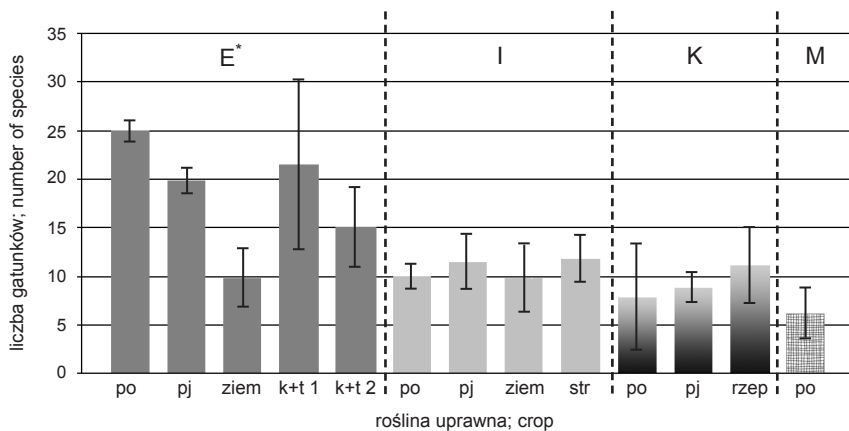
Gatunek chwastu; Weed species	System konwencjonalny; Conventional system				Monokultura pszenicy ozimej; Monoculture of winter wheat
	roślina uprawna; crop				
	rzepak ozimy; winter rape	pszenica ozima; winter wheat	pszenica jara; spring wheat	średnio; mean	pszenica ozima; winter wheat
Vio.arv	19,20	1,27	15,17	<b>11,88</b>	1,58
Gal.apa	0,58	0,33	3,90	<b>1,60</b>	0,20
Tri.ino	2,07	0,62	0,40	<b>1,03</b>	0,80
Che.alb	0,03	0,00	2,70	<b>0,91</b>	0,07
Ger.pus	0,50	0,17	0,30	<b>0,32</b>	0,03

cd. tab. 30

Gatunek chwastu; Weed species	System konwencjonalny; Conventional system				Monokultura pszenicy ozimej; Monoculture of winter wheat
	roślina uprawna; crop				
	rzepak ozimy; winter rape	pszenica ozima; winter wheat	pszenica jara; spring wheat	średnio; mean	pszenica ozima; winter wheat
Cap.bur	0,62	0,03	0,20	<b>0,28</b>	0,07
Ver.per	0,00	0,10	0,60	<b>0,23</b>	0,00
Pap.rho	0,65	0,00	0,00	<b>0,22</b>	0,07
Lyc.arv	0,42	0,10	0,10	<b>0,21</b>	0,00
Ero.cic	0,58	0,00	0,00	<b>0,19</b>	0,00
Ste.med	0,00	0,40	0,17	<b>0,19</b>	0,00
Lam.pur	0,00	0,23	0,30	<b>0,18</b>	0,00
Cir.arv	0,07	0,33	0,10	<b>0,17</b>	0,00
Bra.nap	0,00	0,00	0,42	<b>0,14</b>	0,00
Fal.con	0,03	0,13	0,18	<b>0,11</b>	0,07
Ger.dis	0,00	0,00	0,13	<b>0,04</b>	0,00
Myo.arv	0,07	0,00	0,07	<b>0,05</b>	0,00
Cen.cya	0,12	0,00	0,00	<b>0,04</b>	0,20
Ach.mil	0,10	0,00	0,00	<b>0,03</b>	0,00
Lap.com	0,03	0,00	0,07	<b>0,03</b>	0,00
Con.arv	0,08	0,00	0,00	<b>0,03</b>	0,00
Cer.arv	0,08	0,00	0,00	<b>0,03</b>	0,00
Gal.par	0,00	0,00	0,08	<b>0,03</b>	0,00
Son.arv	0,00	0,07	0,00	<b>0,02</b>	0,00
Tar.off	0,00	0,03	0,00	<b>0,01</b>	0,00
Con.can	0,03	0,00	0,00	<b>0,01</b>	0,00
Pol.per	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,03
<b>Dwuliścienne; Dicotyledonous</b>	<b>25,26</b>	<b>3,81</b>	<b>24,89</b>	<b>17,99</b>	<b>3,12</b>
Ape.spi	0,00	1,50	1,62	<b>1,04</b>	0,70
Ely.rep	1,03	0,17	0,00	<b>0,40</b>	0,48
Ech.cru	0,00	0,10	0,00	<b>0,03</b>	0,07
<b>Jednoliścienne; Monocotyledonous</b>	<b>1,03</b>	<b>1,77</b>	<b>1,62</b>	<b>1,47</b>	<b>1,25</b>
Equ.arv	0,92	0,17	0,00	<b>0,36</b>	0,00
<b>Skrzypy; Horestail</b>	<b>0,92</b>	<b>0,17</b>	<b>0,00</b>	<b>0,36</b>	<b>0,00</b>
<b>Razem; Total</b>	<b>27,21</b>	<b>5,75</b>	<b>26,51</b>	<b>19,82</b>	<b>4,37</b>
<b>Liczba gatunków; Number of species</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>13</b>

W warunkach ekologicznego gospodarowania największą różnorodność flory segetalnej stwierdzono w uprawie pszenicy ozimej, w której łącznie w ciągu 3 lat badań zarejestrowano 37 gatunków (tab. 28), a średnio – 25 gatunków (rys. 21), przy małych wahaniach bogactwa gatunkowego w latach (rys. 19). Dużą różnorod-

nością gatunkową cechowała się również mieszanka koniczyn z trawami w pierwszym roku użytkowania, w której stwierdzono łącznie 36 gatunków (tab. 28), ale zaobserwowano największą zmienność liczby gatunków w latach – od 11 do 29 (rys. 19). W systemie ekologicznym najmniej zróżnicowane gatunkowo było zbiorowisko chwastów w uprawie ziemniaka – łącznie 24 (tab. 28), średnio 9,7 gatunków (rys. 21), prawdopodobnie ze względu na intensywne, mechaniczne zabiegi pielęgnacyjne uzupełniane ręcznym odchwaszczaniem. Rośliny uprawiane w systemach integrowanym i konwencjonalnym cechowały się zbliżonym bogactwem gatunkowym flory segetalnej mierzonym zarówno średnią (rys. 21), jak też łączną z 3-lecia badań liczbą gatunków chwastów (tab. 29 i 30). Pszenica ozima w systemie konwencjonalnym charakteryzowała się dużą zmiennością różnorodności gatunkowej w latach, na co wskazuje także wartość odchylenia standardowego (rys. 19 i 21). Duże wartości odchylenia standardowego w przypadku niektórych gatunków roślin mogą wynikać z faktu, że występowały zasiewy mniej udane, jak pszenicy w 2012 r., które w związku z tym były bardziej zachwaszczone (rys. 21 i 22).



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

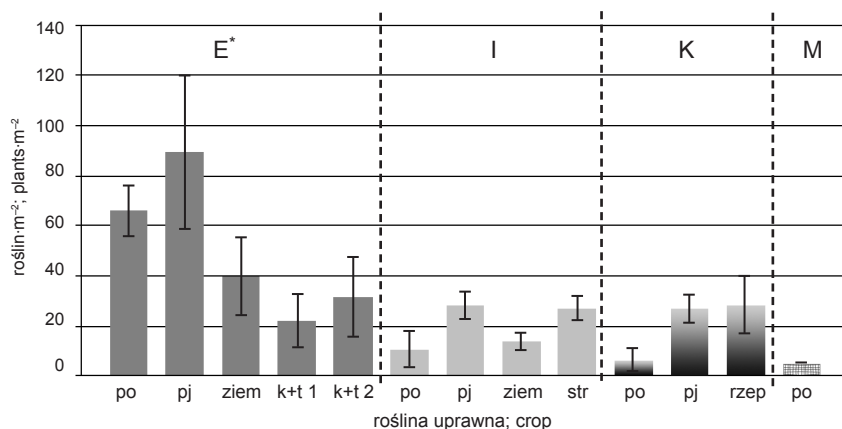
Rys. 21. Średnia liczba gatunków chwastów ( $\pm$ odch. stand.) w uprawach rolniczych w różnych systemach gospodarowania (2007, 2011–2012)

Mean number of weed species ( $\pm$ st. dev.) in crops cultivated in different farming systems (2007, 2011–2012)

Liczebność chwastów była największa w systemie ekologicznym i średnio za 3 lata badań dla pięciu pól zmianowania wynosiła  $49$  roślin·m<sup>-2</sup>, przy dominacji *Chenopodium album*, *Viola arvensis* i *Stellaria media* (tab. 28). Około 60% mniejsze zachwaszczenie, na poziomie  $20$  roślin·m<sup>-2</sup>, stwierdzono w systemach integrowanym i konwencjonalnym, gdzie najliczniej wystąpiły odpowiednio: *Chenopodium album* i *Viola arvensis* (tab. 29 i 30). Najmniejszą liczebność chwastów i zbliżoną w latach zarejestrowano w monokulturze pszenicy ozimej – średnio  $4,4$  roślin·m<sup>-2</sup> (tab. 30), co wskazuje na dużą skuteczność herbicydów stosowanych we wszystkich latach badań.



Spośród roślin uprawianych w systemie ekologicznym największą liczebnością chwastów wyróżniała się pszenica jara (średnio 89 roślin·m<sup>-2</sup>), a najmniejszą koniuczyny z trawami w pierwszym roku użytkowania (21 roślin·m<sup>-2</sup>) (rys. 22). W systemie integrowanym uprawy pszenicy ozimej i ziemniaka cechowały się zbliżoną liczbą chwastów (10–13 roślin·m<sup>-2</sup>), a dwukrotnie wyższy poziom zachwaszczenia występował w pszenicy jarej i roślinach strączkowych (26–28 roślin·m<sup>-2</sup>). W systemie konwencjonalnym również uprawa pszenicy ozimej wyróżniała się najmniejszym zachwaszczeniem – średnio 6 roślin·m<sup>-2</sup>, a liczebność chwastów w uprawie pszenicy jarej i rzepaku była na poziomie 26–27 roślin·m<sup>-2</sup> (rys. 22).



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

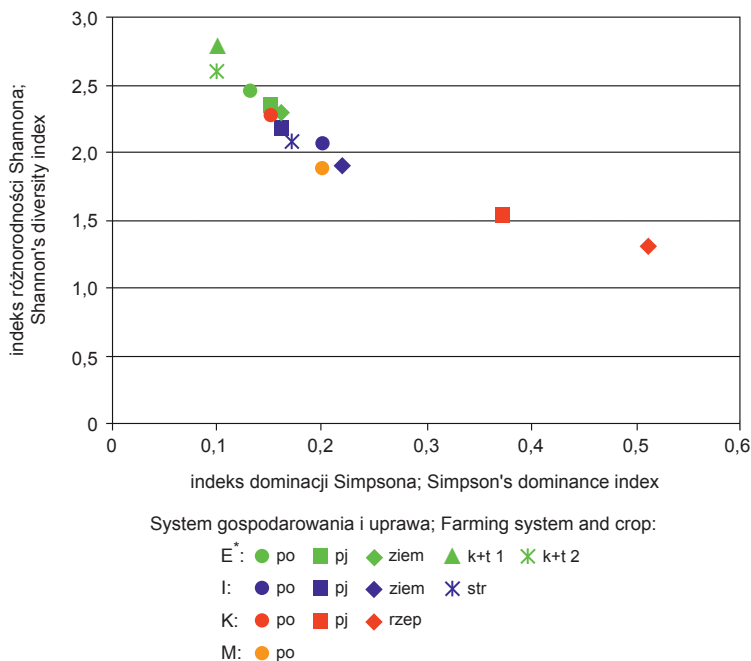
Rys. 22. Średnia liczebność chwastów ( $\pm$ odch. stand.) w uprawach rolniczych w różnych systemach gospodarowania (2007, 2011–2012)

Mean number of weeds ( $\pm$ st. dev.) in crops cultivated in different farming systems (2007, 2011–2012)

We wszystkich systemach gospodarowania w składzie gatunkowym zbiorowisk segetalnych dominowały chwasty dwuliścienne, które stanowiły od 72% w systemie integrowanym i monokulturze pszenicy ozimej do 96% w warunkach ekologicznego gospodarowania (tab. 28–30). Gatunek *Equisetum arvense* wystąpił w większym nasileniu (średnio 1,4 roślin·m<sup>-2</sup>) w integrowanym systemie produkcji, stanowiąc średnio 7% ogólnej liczebności chwastów. Większość gatunków w zbiorowiskach segetalnych stanowiły chwasty krótkotrwałe (jednoroczne lub dwuletnie), przy czym wiele gatunków było wspólnych dla wszystkich systemów gospodarowania.

Różnorodność zbiorowisk segetalnych, oceniana wartościami wskaźnika różnorodności Shannona, była największa w roślinach uprawianych w systemie ekologicznym, a w następnej kolejności w systemie integrowanym i w monokulturze pszenicy ozimej (rys. 23). Wraz ze zmniejszaniem się wartości indeksu różnorodności Shannona wzrastała wartość wskaźnika dominacji Simpsona, w kierunku od systemu ekologicznego do monokultury pszenicy ozimej. Najbardziej zróżnicowane były wyniki oceny struktury zbiorowisk chwastów dla upraw w systemie konwencjonalnym. Największą różnorodnością w tym systemie gospodarowania, ocenianą wartością wskaźnika Shannona, cechowała się flora segetalna w uprawie pszenicy

ozimej, przyjmując wartości pośrednie pomiędzy systemem ekologicznym a integrowanym. W ocenie tej bardzo odbiegały pszenica jara i rzepak, które cechowały się najmniejszymi wartościami wskaźnika różnorodności i wysokimi wartościami indeksu dominacji świadczącymi o dużym udziale w zbiorowisku jednego gatunku – *Viola arvensis* (rys. 23, tab. 30).



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 23. Indeks różnorodności Shannona i dominacji Simpsona dla flory segetalnej towarzyszącej roślinom uprawianym w różnych systemach gospodarowania (średnia z lat 2007, 2011–2012)  
Shannon's diversity index and Simpson's dominance index for weed communities in crops cultivated in different farming systems (mean from 2007, 2011–2012)

Analiza struktury zbiorowisk segetalnych w różnych uprawach i systemach gospodarowania, za pomocą wskaźników Sorensena, wykazała duże podobieństwo ich składu gatunkowego (tab. 31). Większe różnice zanotowano w wartościach ilościowego (7–74%) niż jakościowego (40–84%) wskaźnika podobieństwa. Może to sugerować, że całokształt agrotechniki (zmianowanie, chemiczna ochrona roślin, nawożenie) stosowanej w porównywanych systemach gospodarowania w większym stopniu różnicuje liczebność chwastów niż skład gatunkowy ich zbiorowisk.

Wartości jakościowego wskaźnika podobieństwa powyżej 60%, świadczące o dużym podobieństwie, wystąpiły 31 razy na 78 możliwych, natomiast wskaźnik ten nie przybierał wartości poniżej 30% (tab. 31). Wysokie wartości ilościowego wskaźnika zanotowano tylko w 3 przypadkach, podczas gdy niskie, z przedziału 0–30%, stwierdzono w 49 na 78 przypadków, co potwierdza mniejsze podobieństwo zbiorowisk chwastów pod względem ich liczebności niż składu gatunkowego.

Tabela 31

Ocena podobieństwa jakościowego i ilościowego między zbiorowiskami chwastów w roślinach uprawianych w różnych systemach gospodarowania (średnio z lat 2007, 2011–2012)

The assessment of qualitative and quantitative similarity between weed communities in plants cultivated in different farming systems (mean from 2007, 2011–2012)

System gospodarowania i uprawa; Farming system and crops		Ekologiczny; Organic					Integrowany; Integrated				Konwencjonalny; Conventional			Monokultura; Monoculture
		po*	pj	ziem	k+t 1	k+t 2	po	pj	ziem	str	po	pj	rzep	po
		wskaźnik podobieństwa jakościowego; qualitative index of similarity												
Ekologiczny; Organic	po*	×	73	62	74	67	48	54	48	50	52	51	49	48
	pj	54	×	64	74	69	52	54	52	54	61	64	65	52
	ziem	53	49	×	70	84	54	70	63	56	63	67	59	54
	k+t 1	29	26	35	×	81	49	55	45	47	57	56	54	49
	k+t 2	44	38	47	45	×	47	53	51	40	61	64	61	46
Integrowany; Integrated	po	21	17	31	24	19	×	67	47	67	65	57	49	53
	pj	35	29	58	29	36	35	×	72	74	61	70	51	63
	ziem	10	9	27	22	21	28	52	×	67	59	57	43	47
	str	27	28	47	24	32	26	74	57	×	56	49	46	56
Konwencjonalny; Conventional	po	12	9	16	23	16	49	24	16	11	×	69	54	60
	pj	33	40	35	27	18	40	32	15	19	28	×	58	52
	rzep	18	44	25	21	12	32	13	8	11	18	63	×	61
Monokultura; Monoculture	po	10	7	13	16	8	39	18	7	8	62	20	22	×

Przedziały wartości wskaźników podobieństwa; Value ranges of similarity indices:

niski (0–30%)
  średni (31–60%)
  wysoki (61–100%)

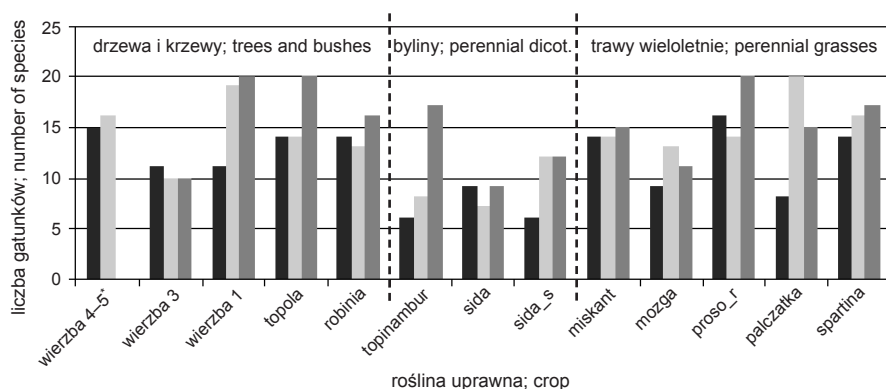
\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Największe podobieństwo jakościowe charakteryzowało zbiorowiska segetalne w ekologicznym systemie gospodarowania, mimo różnic w cechach morfologicznych, fizjologicznych i agrotechnice uprawianych gatunków roślin (tab. 31). Ana-

lizując wartości ilościowego wskaźnika podobieństwa, stwierdzono odmienność zbiorowisk chwastów w monokulturze pszenicy ozimej od zbiorowisk w uprawach roślin w systemach ekologicznym i integrowanym, a podobieństwo do zbiorowiska w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie konwencjonalnym. Małe było podobieństwo w liczebności gatunków chwastów wspólnych między pszenicą ozimą w uprawie konwencjonalnej i ziemniakiem w uprawie integrowanej a zbożami w systemie ekologicznym. Stwierdzono odmienność zbiorowiska chwastów w łańach roślin strączkowych uprawianych w systemie integrowanym od zbiorowisk w łańach zbóż i rzepaku uprawianych w systemie konwencjonalnym i monokulturze oraz duże podobieństwo flory towarzyszącej roślinom strączkowym i pszenicy jarej w uprawie integrowanej (tab. 31).

#### 4.2.2. Ocena różnorodności i podobieństwa zbiorowisk chwastów w wieloletnich roślinach uprawianych na cele energetyczne

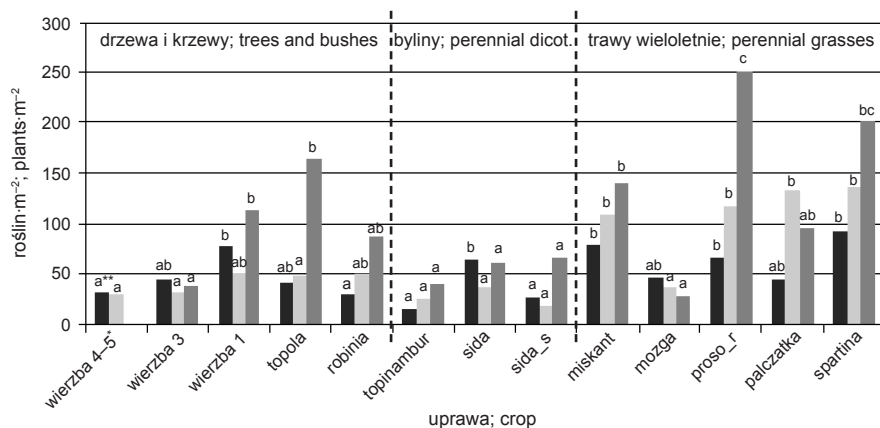
Różnorodność gatunkowa oraz liczebność flory towarzyszącej roślinom uprawianym na cele energetyczne zależały od gatunku rośliny uprawnej i przebiegu pogody w latach (rys. 24 i 25). W przypadku plantacji roślin energetycznych czynnikami mogącymi różnicować zachwaszczenie były: różna obsada roślin i częstotliwość zbioru (od 1 do 5 lat), odmienna zdolność poszczególnych gatunków do zacieniania gleby, oddziaływania allelopatyczne, w tym opadających liści, które dodatkowo stanowiły mulcz gleby. Największą liczebność chwastów stwierdzono w 2012 r., zwłaszcza w uprawie topoli, prosa różgowatego, spartiny preriowej, robinii akacyjowej i ślazuca pensylwańskiego uprawianego z nasion, co było związane z mniejszą obsadą roślin spowodowaną uszkodzeniem niektórych gatunków w okresie zimy 2011/2012. Większe różnice między latami badań stwierdzono w liczebności chwastów niż w ich bogactwie gatunkowym (rys. 24 i 25).



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Lata badań; Years of research: ■ 2010 ■ 2011 ■ 2012

Rys. 24. Liczba gatunków chwastów w roślinach uprawianych na cele energetyczne  
Number of weed species in plants cultivated for energy purposes



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

\*\* a, b, c – wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukeya, średnie porównywano dla każdego roku oddzielnie; values marked with the same letters do not differ significantly according to Tukey's test, means were compared separately for each year

Lata badań; Years of research: ■ 2010 ■ 2011 ■ 2012

Rys. 25. Liczebność chwastów w roślinach uprawianych na cele energetyczne  
Number of weeds in plants cultivated for energy purposes

Największą różnorodnością gatunkową chwastów cechowały się uprawy z grupy drzew i krzewów, w których stwierdzono występowanie łącznie 50 gatunków w 3-letnim (2010–2012) okresie badań (tab. 32). O dwa taksony mniej odnotowano w zbiorowiskach traw wieloletnich (tab. 34), a najmniejszą różnorodnością gatunkową cechowały się łąny tworzone przez byliny dwuliścienne, w których oznaczono 31 gatunków chwastów (tab. 33). Średnia liczebność chwastów była najmniejsza w uprawie bylin – 37 roślin·m<sup>-2</sup> (tab. 33), a największa w uprawie traw wieloletnich – 103 roślin·m<sup>-2</sup> (tab. 34).

Spośród bylin uprawianych na cele energetyczne najmniejszą różnorodnością gatunkową chwastów charakteryzował się ślaziołek pensylwański uprawiany z sadzonek, na plantacji którego stwierdzono łącznie 17 gatunków w 3-letnim okresie badań (tab. 33), przy małych wahaniami bogactwa gatunkowego w latach – od 7 do 9 gatunków (rys. 24). Przez pierwsze dwa lata badań zbiorowisko segetalne w uprawie topinamburu było najuboższe pod względem gatunkowym (6–8 gatunków), ale w ostatnim roku badań, przy mniejszej obsadzie roślin spowodowanej zbiorem bulw wiosną 2012 r., różnorodność gatunkowa i liczba chwastów znacznie wzrosły (rys. 24 i 25).

Tabela 32

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w roślinach uprawianych na cele energetyczne z grupy drzew i krzewów (średnia z lat 2010–2012)  
Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in plants cultivated for energy purposes from a group of trees and bushes (mean from 2010–2012)

Gatunek chwastu; Weed species	Uprawa na cele energetyczne; Crop for energy purposes					Średnio; Mean
	wierzba 4–5-letnia; 4–5-year willow	wierzba 3-letnia; 3-year willow	wierzba 1-rocza; 1-year willow	topola; poplar	robinia; false acacia	
Con.can	3,25	0,67	13,33	23,67	6,33	<b>9,45</b>
Che.alb	2,75	6,83	4,50	7,83	4,83	<b>5,35</b>
Sen.vul	0,00	0,00	1,00	12,00	10,67	<b>4,73</b>
Gal.apa	2,00	5,00	9,00	2,17	2,83	<b>4,20</b>
Lac.ser	0,50	8,00	4,17	2,50	4,67	<b>3,97</b>
Sol.gig	1,50	0,83	14,67	0,00	0,17	<b>3,43</b>
Vio.arv	1,25	1,17	2,83	4,50	6,50	<b>3,25</b>
Ste.med	3,00	0,67	2,50	2,50	3,17	<b>2,37</b>
Epi.par	5,50	0,67	3,83	1,17	0,33	<b>2,30</b>
Tar.off	0,00	3,67	2,67	0,33	3,50	<b>2,03</b>
Tri.ino	0,00	0,00	0,00	6,00	0,67	<b>1,33</b>
Gal.par	0,00	0,00	0,00	5,17	0,00	<b>1,03</b>
Urt.dio	0,50	0,00	1,00	3,50	0,00	<b>1,00</b>
Mel.alb	0,00	0,00	3,50	0,00	0,33	<b>0,77</b>
Fal.con	0,00	0,00	0,83	2,00	0,67	<b>0,70</b>
Ant.arv	0,00	0,00	0,00	3,17	0,00	<b>0,63</b>
Geu.urb	1,25	0,50	0,00	0,50	0,00	<b>0,45</b>
Cre.tec	0,00	0,83	0,17	0,33	0,67	<b>0,40</b>
Myo.min	1,25	0,17	0,00	0,50	0,00	<b>0,38</b>
Cap.bur	0,75	0,33	0,17	0,50	0,17	<b>0,38</b>
Rum.ace	0,00	1,50	0,17	0,17	0,00	<b>0,37</b>
Ger.pus	0,00	1,17	0,33	0,00	0,17	<b>0,33</b>
Son.arv	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	<b>0,30</b>
Art.vul	0,50	0,00	0,67	0,17	0,00	<b>0,27</b>
Ero.cic	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00	<b>0,27</b>
Cir.arv	0,00	0,00	0,33	0,33	0,17	<b>0,17</b>
Pol.avi	0,00	0,00	0,00	0,17	0,67	<b>0,17</b>
Pla.maj	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	<b>0,10</b>
Cen.cya	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,10</b>
Hie.pil	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,10</b>
Sam.nig	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,10</b>
Ver.per	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	<b>0,07</b>
Spe.arv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	<b>0,07</b>
Leo.his	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>
Cam.pat	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>

cd. tab. 32

Gatunek chwastu; Weed species	Uprawa na cele energetyczne; Crop for energy purposes					Średnio; Mean
	wierzba 4–5-letnia; 4–5-year willow	wierzba 3-letnia; 3-year willow	wierzba 1-roczna; 1-year willow	topola; poplar	robinia; false acacia	
Aeg.pod	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>
Con.arv	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>
Vio.tri	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	<b>0,03</b>
Myo.arv	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	<b>0,03</b>
Sol.nig	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	<b>0,03</b>
Pol.per	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	<b>0,03</b>
Cer.arv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	<b>0,03</b>
Gna.sil	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	<b>0,03</b>
<b>Dwuliścienne; Dicotyledonous</b>	<b>26,50</b>	<b>32,33</b>	<b>67,33</b>	<b>81,00</b>	<b>47,67</b>	<b>50,97</b>
Ech.cru	0,00	0,00	7,50	0,67	2,00	<b>2,03</b>
Poa.ann	0,00	0,00	0,83	0,00	3,33	<b>0,83</b>
Ely.rep	0,50	1,67	0,33	0,00	1,17	<b>0,73</b>
Ape.spi	0,00	0,00	0,00	0,83	0,17	<b>0,20</b>
Agr.cap	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,10</b>
Bro.ine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	<b>0,03</b>
<b>Jednoliścienne; Monocotyledonous</b>	<b>1,00</b>	<b>1,67</b>	<b>8,67</b>	<b>1,50</b>	<b>6,83</b>	<b>3,93</b>
Equ.arv	1,50	2,33	2,50	0,00	0,00	<b>1,27</b>
<b>Skrzypy; Horsetail</b>	<b>1,50</b>	<b>2,33</b>	<b>2,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1,27</b>
<b>Suma; Total</b>	<b>29,00</b>	<b>36,33</b>	<b>78,50</b>	<b>82,50</b>	<b>54,50</b>	<b>56,17</b>
<b>Liczba gatunków; Number of species</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>50</b>

Tabela 33

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w roślinach uprawianych na cele energetyczne z grupy bylin dwuliściennych (średnia z lat 2010–2012)

Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in plants cultivated for energy purposes from a group of perennial dicotyledonous (mean from 2010–2012)

Gatunek chwastu; Weed species	Uprawa na cele energetyczne; Crop for energy purposes			Średnio; Mean
	topinambur; Jerusalem artichoke	ślazowiec pensylwański z sadzonek; virginia mallow from seedlings	ślazowiec pensylwański z nasion; virginia mallow from seeds	
Vio.arv	9,83	9,00	14,17	<b>11,00</b>
Ste.med	0,83	23,00	6,00	<b>9,94</b>
Che.alb	1,00	6,50	1,33	<b>2,94</b>
Con.can	1,67	0,00	3,33	<b>1,67</b>
Gal.apa	2,50	1,50	0,83	<b>1,61</b>

cd. tab. 33

Gatunek chwastu; Weed species	Uprawa na cele energetyczne; Crop for energy purposes			Średnio; Mean
	topinambur; Jerusalem artichoke	ślazowiec pensylwański z sadzonek; virginia mallow from seedlings	ślazowiec pensylwański z nasion; virginia mallow from seeds	
Tar.off	0,50	0,50	2,00	<b>1,00</b>
Cap.bur	1,83	0,50	0,50	<b>0,94</b>
Sol.gig	0,00	0,00	1,83	<b>0,61</b>
Ara.tha	1,67	0,00	0,00	<b>0,56</b>
Lac.ser	0,67	0,33	0,17	<b>0,39</b>
Fal.con	0,17	0,67	0,17	<b>0,34</b>
Ger.dis	0,00	0,00	0,83	<b>0,28</b>
Son.arv	0,00	0,67	0,17	<b>0,28</b>
Myo.min	0,67	0,00	0,17	<b>0,28</b>
Art.vul	0,17	0,00	0,33	<b>0,17</b>
Tri.ino	0,33	0,00	0,17	<b>0,17</b>
Eri.ann	0,00	0,00	0,33	<b>0,11</b>
Pol.avi	0,33	0,00	0,00	<b>0,11</b>
Cer.arv	0,33	0,00	0,00	<b>0,11</b>
Sen.vul	0,33	0,00	0,00	<b>0,11</b>
Eup.hel	0,33	0,00	0,00	<b>0,11</b>
Vic.cra	0,00	0,00	0,33	<b>0,11</b>
Lyc.arv	0,00	0,17	0,00	<b>0,06</b>
Sis.loe	0,17	0,00	0,00	<b>0,06</b>
<b>Dwuliścienne; Dicotyledonous</b>	<b>23,33</b>	<b>42,84</b>	<b>32,66</b>	<b>32,94</b>
Arr.ela	0,00	4,67	0,33	<b>1,67</b>
Ely.rep	0,50	1,00	0,33	<b>0,61</b>
Agr.cap	0,00	1,83	0,00	<b>0,61</b>
Poa.ann	0,33	0,17	0,83	<b>0,44</b>
Ech.cru	0,50	0,50	0,00	<b>0,33</b>
Ape.spi	0,50	0,33	0,17	<b>0,33</b>
<b>Jednoliścienne; Monocotyledonous</b>	<b>1,83</b>	<b>8,50</b>	<b>1,66</b>	<b>4,00</b>
Equ.arv	0,00	0,50	0,67	<b>0,39</b>
<b>Skrzypy; Horsetail</b>	<b>0,00</b>	<b>0,50</b>	<b>0,67</b>	<b>0,39</b>
<b>Suma; Total</b>	<b>25,16</b>	<b>51,84</b>	<b>34,99</b>	<b>37,33</b>
<b>Liczba gatunków; Number of species</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>31</b>



Tabela 34

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w roślinach uprawianych na cele energetyczne z grupy traw wieloletnich (średnia z lat 2010–2012)

Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in plants cultivated for energy purposes from a group of perennial grasses (mean from 2010–2012)

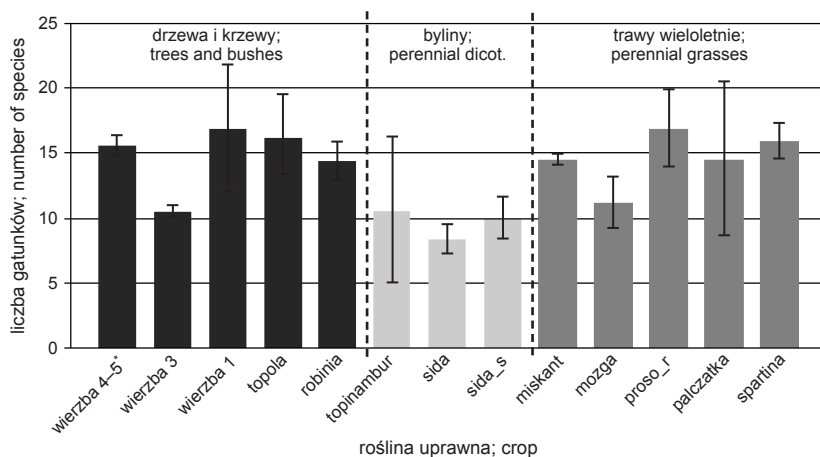
Gatunek chwastu; Weed species	Uprawa na cele energetyczne; Crop for energy purposes					Średnio; Mean
	miskant; miscanthus	mozga trzciniowata; reed canary grass	proso rózgowate, switchgrass	palczatka Gerarda; big bluestem	spartina preriowa; prairie cordgrass	
Con.can	9,67	1,00	53,17	14,00	18,50	<b>19,27</b>
Vio.arv	36,00	6,67	9,00	4,83	9,00	<b>13,10</b>
Che.alb	0,83	12,50	10,00	8,33	7,67	<b>7,87</b>
Sen.vul	2,67	0,00	2,83	3,33	30,33	<b>7,83</b>
Lac.ser	6,33	3,33	18,83	2,50	6,50	<b>7,50</b>
Tar.off	2,17	1,50	9,83	15,00	7,67	<b>7,23</b>
Cap.bur	13,67	0,00	0,83	2,33	6,33	<b>4,63</b>
Ste.med	0,17	0,33	1,33	5,00	13,67	<b>4,10</b>
Tri.ino	0,00	0,00	11,17	1,67	3,50	<b>3,27</b>
Cer.arv	0,33	0,83	0,67	12,00	0,50	<b>2,87</b>
Gal.apa	0,17	2,67	3,00	0,17	0,83	<b>1,37</b>
Sol.gig	2,17	0,00	2,67	0,33	0,00	<b>1,03</b>
Fum.off	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00	<b>0,90</b>
Ara.tha	3,83	0,00	0,00	0,17	0,00	<b>0,80</b>
Cre.tec	1,17	0,00	0,00	0,83	1,00	<b>0,60</b>
Pla.maj	0,00	0,17	0,67	1,00	1,00	<b>0,57</b>
Cir.arv	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	<b>0,53</b>
Spe.arv	1,00	0,00	0,00	0,83	0,67	<b>0,50</b>
Pol.avi	0,00	0,50	1,33	0,17	0,33	<b>0,47</b>
Son.arv	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,40</b>
Urt.dio	0,00	0,67	1,33	0,00	0,00	<b>0,40</b>
Fal.con	0,00	0,00	0,00	1,17	0,50	<b>0,33</b>
Ger.dis	1,00	0,17	0,00	0,33	0,00	<b>0,30</b>
Ver.per	0,00	0,00	0,00	1,17	0,00	<b>0,23</b>
Ver.hed	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	<b>0,20</b>
Pol.per	0,67	0,00	0,33	0,00	0,00	<b>0,20</b>
Lam.pur	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	<b>0,13</b>
Eri.ann	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,13</b>
Myo.min	0,00	0,00	0,17	0,00	0,33	<b>0,10</b>
Tri.rep	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	<b>0,07</b>
Ach.mil	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00	<b>0,07</b>
Lyc.arv	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	<b>0,07</b>
Des.sop	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	<b>0,07</b>
Gal.tet	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	<b>0,07</b>

cd. tab. 34

Gatunek chwastu; Weed species	Uprawa na cele energetyczne; Crop for energy purposes					Średnio; Mean
	miskant; miscanthus	mozga trzciniowata; reed canary grass	proso rózgowate, switchgrass	palczatka Gerarda; big bluestem	spartina preriowa; prairie cordgrass	
Epi.par	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	<b>0,07</b>
Art.vul	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	<b>0,03</b>
Ant.arv	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	<b>0,03</b>
Gna.uli	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	<b>0,03</b>
Rum.ace	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	<b>0,03</b>
Vic.cra	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	<b>0,03</b>
Sid.her	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	<b>0,03</b>
<b>Dwuliścienne; Dicotyledonous</b>	<b>84,69</b>	<b>31,02</b>	<b>132,00</b>	<b>80,99</b>	<b>108,66</b>	<b>87,47</b>
Poa.ann	2,00	0,00	1,83	0,00	27,33	<b>6,23</b>
Jun.buf	15,67	0,17	1,67	0,00	0,17	<b>3,54</b>
Ely.rep	2,00	4,17	1,67	3,00	4,50	<b>3,07</b>
Ape.spi	0,00	0,17	3,67	4,00	1,33	<b>1,83</b>
Ech.cru	1,67	0,00	1,00	0,00	0,00	<b>0,53</b>
Fes.ovi	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,10</b>
<b>Jednoliścienne; Monocotyledonous</b>	<b>21,84</b>	<b>4,51</b>	<b>9,84</b>	<b>7,00</b>	<b>33,33</b>	<b>15,30</b>
Equ.arv	0,50	0,00	0,00	0,67	0,00	<b>0,23</b>
<b>Skrzypy; Horsetail</b>	<b>0,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,67</b>	<b>0,00</b>	<b>0,23</b>
<b>Suma; Total</b>	<b>107,03</b>	<b>35,53</b>	<b>141,84</b>	<b>88,66</b>	<b>141,99</b>	<b>103,01</b>
<b>Liczba gatunków; Number of species</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>48</b>

W grupie drzew i krzewów największe bogactwo gatunkowe chwastów, łącznie z 3 lat badań (2010–2012), stwierdzono w łanie topoli – 28 gatunków (tab. 32). Średnia liczba gatunków występujących na plantacji była największa w uprawie wierzby zbieranej co roku – 16,7 (rys. 26). Na tym obiekcie wiosną występowały korzystne warunki do wzrostu chwastów ze względu na małą konkurencyjność odrastającego łanu (odsłonięte międzyrzędzia), jak również stosowane nawożenie mineralne. Najuboższe gatunkowo było zbiorowisko segetalne w uprawie wierzby zbieranej co 3 lata – łącznie 18 gatunków (tab. 32), średnio 10,3 (rys. 26).

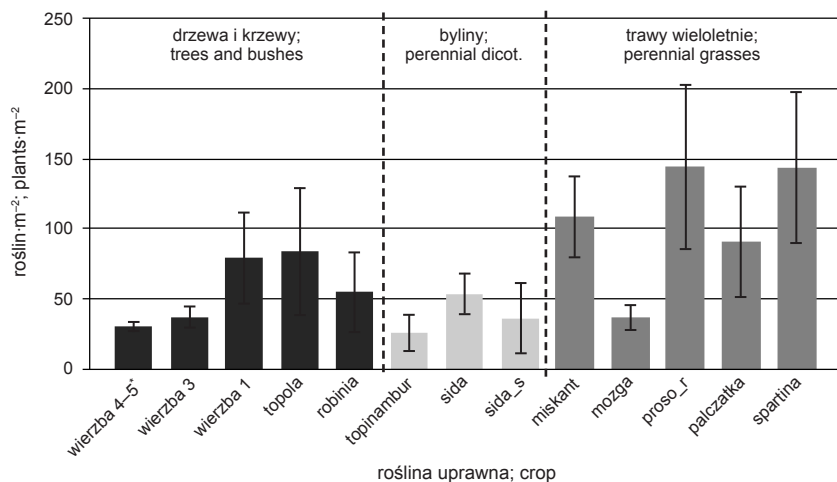
Spośród traw wieloletnich największą różnorodnością flory towarzyszącej cechowała się uprawa prosa różgowatego, w której wystąpiło ogółem 30 gatunków chwastów (tab. 34), przy średniej dla pola – 16,7 (rys. 26). Mozga trzciniowata była najbardziej konkurencyjna w ograniczaniu zarówno różnorodności gatunkowej (rys. 26), jak też liczebności chwastów (rys. 27), co może być związane z większą zawartością łanu w porównaniu z gatunkami o szlaku fotosyntezy typu  $C_4$  uprawianymi w szerokich rzędach (miskant, proso różgowate, palczatka Gerarda, spartina preriowa) oraz właściwościami allelopatycznymi mozgi.



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 26. Średnia liczba gatunków chwastów (±odch. stand.) w roślinach uprawianych na cele energetyczne w latach 2010–2012

The average number of weed species (± st. dev.) in the plants cultivated for energy purposes in 2010–2012



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 27. Średnia liczebność chwastów (±odch. stand.) w roślinach uprawianych na cele energetyczne w latach 2010–2012

The average number of weeds (± st. dev.) in the plants cultivated for energy purposes in 2010–2012

Największą zmienność liczby gatunków chwastów w latach (rys. 24) zaobserwowano na plantacji wierzby zbieranej co roku, topinamburu oraz palczatki Gerada, co potwierdzają także największe wartości odchylenia standardowego (rys. 26). Małe

wahania liczby gatunków stwierdzono na plantacji wierzby zbieranej co 3 lata oraz 4–5-letniej i w uprawie miskanta (rys. 24 i 26).

Spośród porównywanych roślin energetycznych najmniejszą liczbę chwastów, średnio poniżej 50 roślin·m<sup>-2</sup>, stwierdzono w uprawie wierzby 3- i 4-5-letniej, topinamburu, ślazuca uprawianego z nasion oraz mozgi trzcinowatej (rys. 27). Mała liczebność flory towarzyszącej na starszych plantacjach wierzby wynikała z ich dużej konkurencyjności uwarunkowanej typem wzrostu, zdolnością zacieniania oraz mulczowaniem powierzchni gleby przez opadające liście, co ograniczało wschody niektórych gatunków roślin. Najliczniejsza flora (powyżej 100 roślin·m<sup>-2</sup>) towarzyszyła uprawom miskanta, prosa różgowatego i spartiny preriowej (rys. 27). Są to gatunki o szlaku fotosyntezy typu C<sub>4</sub>, które wiosną, z uwagi na większe wymagania termiczne, później rozpoczynają wegetację, a ich początkowy wzrost jest powolny. Wyniki badań przeprowadzonych w późniejszym terminie (II połowa sierpnia) wskazują na znaczne ograniczenie liczby chwastów na skutek dużych zdolności konkurencyjnych uprawianych roślin. Największą zmiennością liczebności chwastów cechowały się zbiorowiska w uprawie topoli, prosa różgowatego i spartiny preriowej, o czym świadczą największe wartości odchylenia standardowego (rys. 27).

Zbiorowiska chwastów w łańcach roślin uprawianych na cele energetyczne różniły się pod względem składu gatunkowego. W uprawie traw wieloletnich większy był udział chwastów jednoliściennych (15% ogólnej liczebności) w porównaniu z pozostałymi grupami roślin (7% drzewa i krzewy i 10% byliny) (tab. 32–34). W uprawach drzew i krzewów oraz traw wieloletnich dominowała *Conyza canadensis*, której udział w zbiorowisku wynosił 17–19% (tab. 32 i 34). Zbiorowiska segetalne bylin dwuliściennych były zdominowane przez dwa gatunki krótkotrwałe, typowe dla gruntów ornych: *Viola arvensis* i *Stellaria media*, które łącznie stanowiły około 60% całego zbiorowiska (tab. 33). Najmniejszą liczebność chwastów stwierdzono w uprawie topinamburu – 25 roślin·m<sup>-2</sup>, co może wynikać z charakterystycznego typu wzrostu tej rośliny (łodygi tworzą gęsty, zwarty łań, który ogranicza dostęp światła, a rozrastające się bulwy utrudniają wschody chwastów z głębszych warstw gleby) oraz dodatkowo z właściwości allelopatycznych tego gatunku.

W uprawach roślin z grupy drzew i krzewów oprócz gatunków chwastów typowych dla jednorocznych upraw polowych wystąpiły też taksony charakterystyczne dla trwałych użytków zielonych oraz ruderalne, tj.: *Lactuca serriola*, *Taraxacum officinale*, *Urtica dioica*, *Artemisia vulgaris*, *Rumex acetosa*, *Crepis tectorum*, *Leontodon hispidus*, *Hieracium pilosella* (tab. 32). W uprawie wierzby zbieranej co 3 lata i 4–5-letniej oraz topoli i robinii zaznaczył się większy udział chwastów wieloletnich. Najbardziej odmienna od typowych zbiorowisk segetalnych była flora towarzysząca uprawie wierzby 4–5-letniej, w której stwierdzono występowanie gatunków dobrze znoszących zacienianie i leśnych, np. *Geum urbanum*, *Aegopodium podagraria*, *Sambucus nigra*, *Epilobium parviflorum* oraz charakterystycznych tylko dla tej uprawy: *Campanula patula*, *Leontodon hispidus*, *Agrostis capillaris*, *Hieracium pilosella*. W 2012 r. na plantacjach robinii i topoli stwierdzono liczne wystę-

powanie *Senecio vulgaris*. W łanie wierzby zbieranej co roku znaczący był udział gatunków inwazyjnych: *Solidago gigantea* i *Conyza canadensis* (13–14 roślin·m<sup>-2</sup>) (tab. 32).

W uprawach traw wieloletnich, oprócz *Conyza canadensis*, występowały licznie gatunki typowe dla gruntów ornych: w uprawie miskanta – *Viola arvensis* i *Capsella bursa-pastoris*, pozostałych traw – *Chenopodium album*, spartiny preriowej – *Stellaria media* i *Poa annua*, prosa różgowatego – *Tripleurospermum inodorum*, palczatki Gerarda – *Cerastium arvense* (tab. 34). Zaznaczyła się też obecność gatunków związanych z trwałymi użytkami zielonymi i terenami ruderalnymi, takich jak: *Lactuca serriola*, *Taraxacum officinale*, *Crepis tectorum* oraz *Senecio vulgaris*, który licznie występował w spartinie preriowej w ostatnim roku badań.

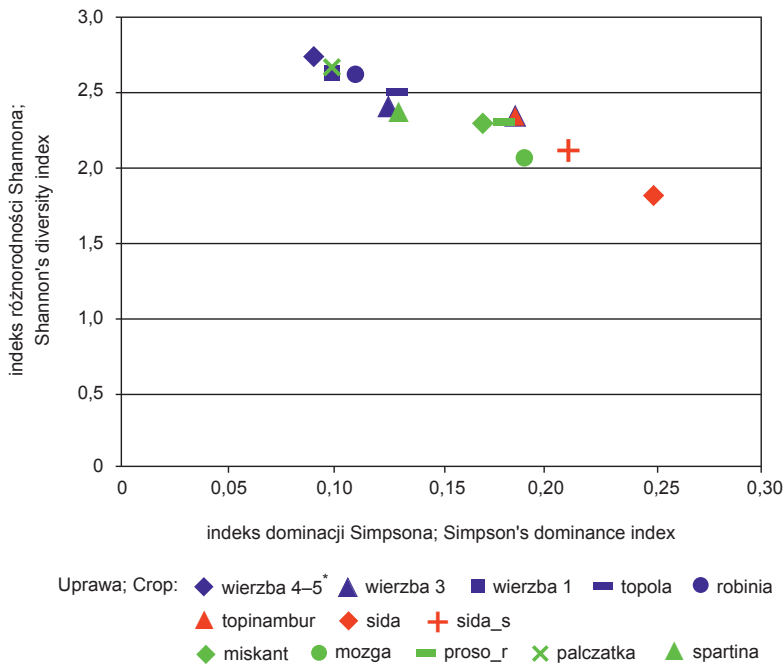
Różnice w bogactwie gatunkowym oraz udziale poszczególnych gatunków chwastów w zbiorowiskach znalazły odzwierciedlenie w wartościach wskaźników różnorodności Shannona i dominacji Simpsona (rys. 28). Najwyższymi wartościami wskaźnika różnorodności Shannona i jednocześnie najniższymi wartościami wskaźnika dominacji Simpsona cechowały się zbiorowiska chwastów w uprawie roślin z grupy drzew i krzewów: wierzbie, topoli i robinii. Spośród nich wierzba 4–5-letnia wyróżniła się najbardziej równomiernym udziałem gatunków w zbiorowisku, o czym świadczy najmniejsza wartość indeksu dominacji Simpsona. Pośrednie wartości obu wskaźników charakteryzowały zbiorowiska segetalne w trawach wieloletnich, przy czym w tej grupie roślin największą różnorodność i najmniejszą dominację gatunków stwierdzono w uprawie trawy palczatka Gerarda (rys. 28). Mozga trzcinowata cechowała się najmniejszą różnorodnością i najwyższymi wartościami wskaźnika dominacji Simpsona, ze względu na duży udział w zbiorowisku drobnych siewek *Chenopodium album*. Dominacja gatunku *Stellaria media* w zbiorowiskach segetalnych w uprawie ślazuwca pensylwańskiego z sadzonek (tab. 33) znalazła odzwierciedlenie w dużych wartościach wskaźnika dominacji Simpsona i małych – wskaźnika różnorodności Shannona (rys. 28).

W ocenie flory towarzyszącej uprawom na cele energetyczne wartości wskaźnika Shannona zawierały się w przedziale od 1,8 do 2,7, a indeksu Simpsona od 0,09 do 0,25 (rys. 28). Szersze zakresy obu wskaźników wyznaczono dla jednorocznych upraw rolniczych w różnych systemach gospodarowania, co świadczy o większym zróżnicowaniu zbiorowisk segetalnych w tych obiektach (rys. 23).

Porównanie flory towarzyszącej uprawom na cele energetyczne za pomocą wskaźników Sorensena wykazało większe podobieństwo jakościowe niż ilościowe zbiorowisk segetalnych, podobnie jak w przypadku zbiorowisk chwastów w jednorocznych uprawach rolniczych w porównywanych systemach gospodarowania. Zakres wartości wskaźnika jakościowego wynosił 40–77% i był zbliżony do zbiorowisk segetalnych na gruntach ornych, ale znacznie mniejsza była rozpiętość wartości wskaźnika ilościowego wynoszącego 14–56% (tab. 35). Wskazuje to na mniejsze różnice w liczebności chwastów między uprawami na cele energetyczne niż uprawami w różnych systemach gospodarowania (tab. 31 i 35).

Wysokie wartości jakościowego wskaźnika podobieństwa (powyżej 60%) wystąpiły 35 razy na 78 możliwych kombinacji (tab. 35). Jakościowy wskaźnik podobieństwa nie przybierał wartości z przedziału 0–30%, a dla wskaźnika ilościowego takie wartości odnotowano w 31 na 78 możliwych przypadków. Wskazuje to na większe podobieństwo badanych zbiorowisk chwastów pod względem składu gatunkowego niż liczebności, podobnie jak w przypadku zbiorowisk segetalnych w uprawach rolniczych na gruntach ornych (tab. 31).

Analiza za pomocą wskaźników Sorensena potwierdziła odmienność zbiorowiska w wierzbie 4–5-letniej, które było najmniej podobne do flory towarzyszącej trawom wieloletnim (tab. 35).



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 28. Indeks różnorodności Shannona i dominacji Simpsona dla zbiorowisk chwastów w roślinach uprawianych na cele energetyczne (średnia z lat 2010–2012)  
Shannon's diversity index and Simpson's dominance index for weed communities in plants cultivated for energy purposes (mean from 2010–2012)

Tabela 35

Ocena podobieństwa jakościowego i ilościowego między zbiorowiskami chwastów w roślinach uprawianych na cele energetyczne (średnia z lat 2010–2012)  
 The assesment of qualitative and quantitative similarity between weed communities in plants cultivated for energy purposes (mean from 2010–2012)

Typ uprawy i gatunek rośliny; Type of crop and plant species		Drzewa i krzewy; Trees and bushes					Byliny; Perennial dicot.			Trawy wieloletnie; Perennial grasses				
		wierzba 4-5*	wierzba 3	wierzba 1	robinia	topola	topinambur	sida	sida_s	miskant	mozga	proso_r	palczatka	spartina
		wskaźnik podobieństwa jakościowego; qualitative index of similarity												
Drzewa i krzewy; Trees and bushes	wierzba 4-5*	×	63	53	40	47	44	45	53	42	43	42	45	40
	wierzba 3	38	×	68	58	57	50	51	65	61	54	46	68	55
	wierzba 1	38	42	×	76	63	58	61	67	67	58	57	65	58
	robinia	33	46	49	×	62	69	59	65	69	52	63	76	74
	topola	28	28	42	54	×	64	44	52	45	51	62	56	60
Byliny; Perennial dicot.	topinambur	34	27	23	42	27	×	62	68	60	59	65	67	77
	sida	27	28	23	38	26	40	×	72	57	44	51	51	56
	sida_s	42	28	31	44	24	56	46	×	64	59	54	63	64
Trawy wieloletnie; Perennial grasses	miskant	14	23	30	38	24	29	18	37	×	50	62	67	64
	mozga	28	52	31	50	34	47	39	36	23	×	57	58	63
	proso_r	17	30	36	40	49	24	23	25	33	33	×	57	69
	palczatka	23	33	40	47	47	25	29	32	31	37	46	×	75
	spartina	15	26	31	49	49	23	34	28	35	30	46	50	×

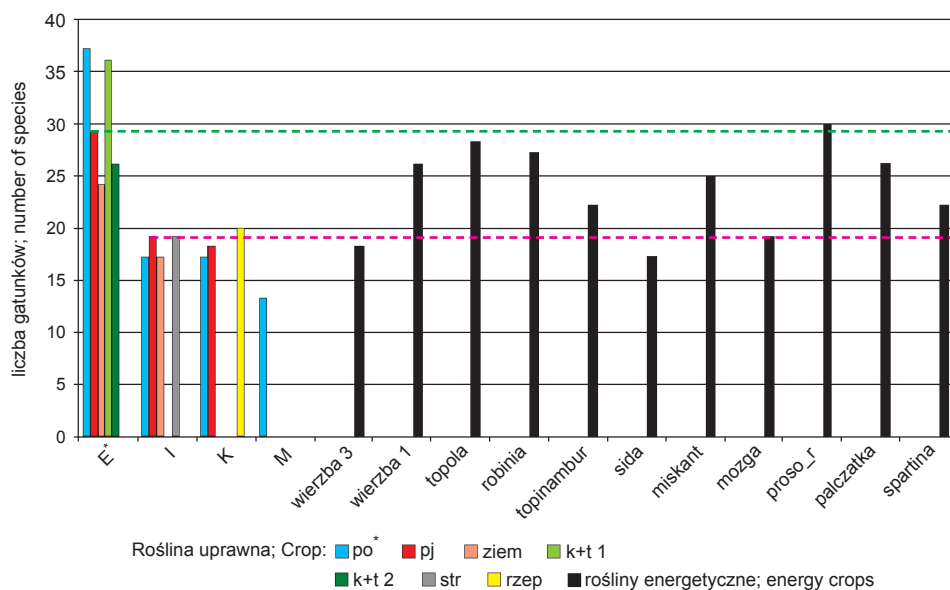
Przedziały wartości wskaźników podobieństwa; Value ranges of similarity indices:

niski (0–30%)
  średni (31–60%)
  wysoki (61–100%)

\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

### 4.2.3. Porównanie struktury zbiorowisk chwastów w wieloletnich roślinach uprawianych na cele energetyczne i jednorocznych uprawach rolniczych na gruntach ornych w różnych systemach gospodarowania

Porównanie różnorodności flory towarzyszącej uprawom na cele energetyczne i typowym uprawom rolniczym na gruntach ornych wykazało, że liczba gatunków chwastów w łanie roślin uprawianych na cele energetyczne była równa lub większa niż w uprawach w systemach: integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze pszenicy (rys. 29). Tylko w zbiorowiskach chwastów w uprawie wierzby zbieranej co 3 lata, ślazuca i mozgi trzcinowatej liczba gatunków nie przekroczyła 20 i była na podobnym poziomie jak w systemie integrowanym i konwencjonalnym, natomiast w pozostałych uprawach na cele energetyczne była zbliżona do systemu ekologicznego. Różnorodność gatunkowa zbiorowisk w uprawie topoli i prosa różgowatego była podobna jak w pszenicy jarej w systemie ekologicznym (28–30 gatunków), ale mniejsza niż w pszenicy ozimej uprawianej w tym systemie, gdzie wystąpiło 37 gatunków.



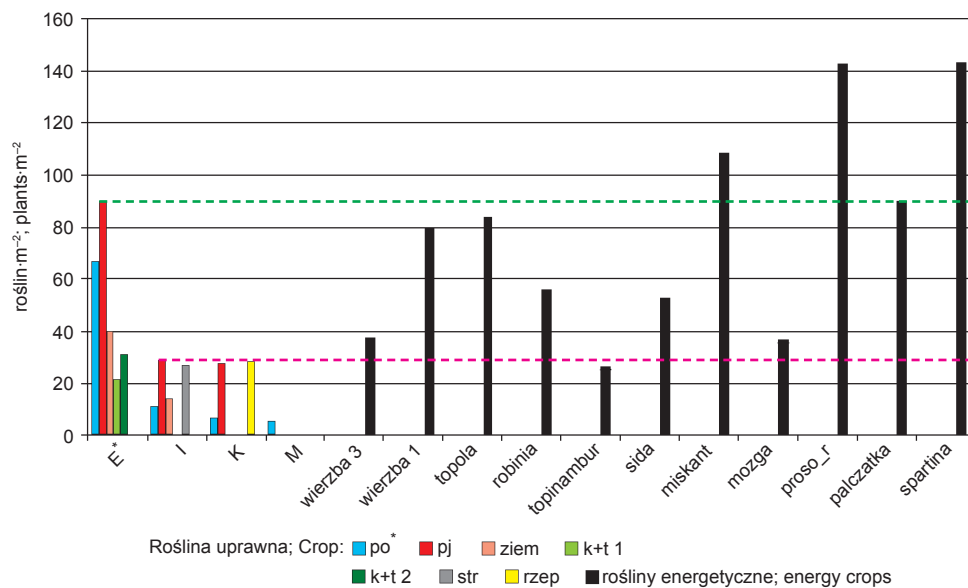
\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 29. Liczba gatunków chwastów w uprawach rolniczych w różnych systemach gospodarowania oraz roślinach uprawianych na cele energetyczne (łącznie z 3 lat badań)  
Number of weed species in crops cultivated in different farming systems and plants cultivated for energy purposes (total from the 3 years of research)

Liczebność chwastów w uprawach roślin przeznaczonych na cele energetyczne była równa lub większa od liczebności flory segetalnej w typowych uprawach rolniczych (rys. 30). Zbliżony lub nieco wyższy poziom zachwaszczenia jak w roślinach jarych uprawianych w systemach integrowanym i konwencjonalnym stwierdzono



w uprawie wierzby zbieranej co 3 lata, topinamburu i mozgi trzcinowatej (około 30 roślin·m<sup>-2</sup>). Liczebnością chwastów podobną do zaobserwowanej w łanie pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym charakteryzowały się uprawy wierzby 1-roczonej, topoli i palczatki Gerarda (78–88 roślin·m<sup>-2</sup>), a wyższy poziom zachwaszczenia niż w systemie ekologicznym stwierdzono w łanie miskanta, prosa różgowatego i spartiny periwowej (107–142 roślin·m<sup>-2</sup>). Może to mieć związek z gorszym przetrzymywaniem tych roślin w 2012 r., co sprzyjało zasiedlaniu tych upraw przez chwasty.



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 30. Liczebność chwastów w uprawach rolniczych w różnych systemach produkcji oraz roślinach uprawianych na cele energetyczne (średnia z 3 lat badań)

Number of weeds in crops cultivated in different farming systems and plants cultivated for energy purposes (mean from the 3 years of research)

Porównanie różnorodności gatunkowej flory segetalnej w poszczególnych systemach gospodarowania i grupach upraw na cele energetyczne wykazało, że liczba gatunków w systemie ekologicznym była istotnie większa niż w pozostałych systemach gospodarowania oraz w bylinach uprawianych na cele energetyczne, natomiast nie różniła się istotnie od traw wieloletnich i roślin z grupy drzew i krzewów (rys. 31, tab. 36). Różnorodność gatunkowa chwastów w monokulturze pszenicy ozimej była istotnie mniejsza w porównaniu z pozostałymi obiektami, z wyjątkiem systemu konwencjonalnego i bylin.

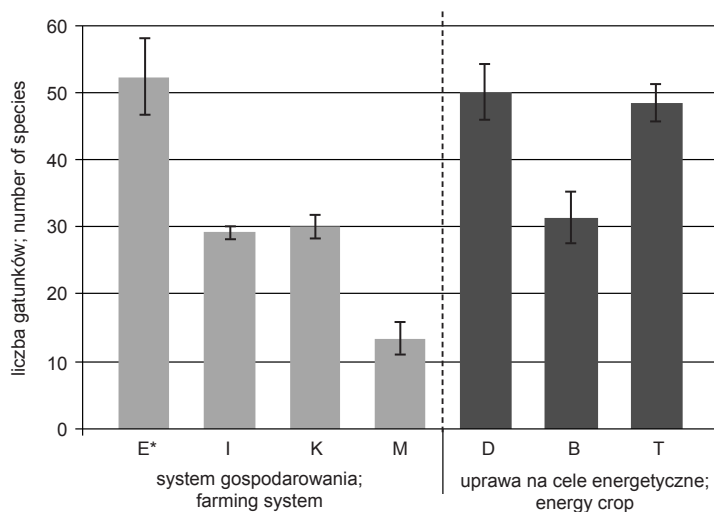
Zbiorowiska segetalne towarzyszące uprawom na cele energetyczne i jednorocznym uprawom rolniczym w różnych systemach gospodarowania były mniej zróżnicowane pod względem średniej liczby gatunków chwastów obserwowanych na polu w danym roku niż łącznego bogactwa gatunkowego z 3 lat badań (rys. 31 i 32).

Liczebność flory segetalnej (rys. 33) była istotnie mniejsza w monokulturze pszenicy ozimej w porównaniu z pozostałymi obiektami (tab. 36). Największą liczebnością chwastów cechowała się uprawa traw wieloletnich, ale nie różniła się istotnie od systemu ekologicznego, uprawy drzew i krzewów oraz bylin.

Tabela 36

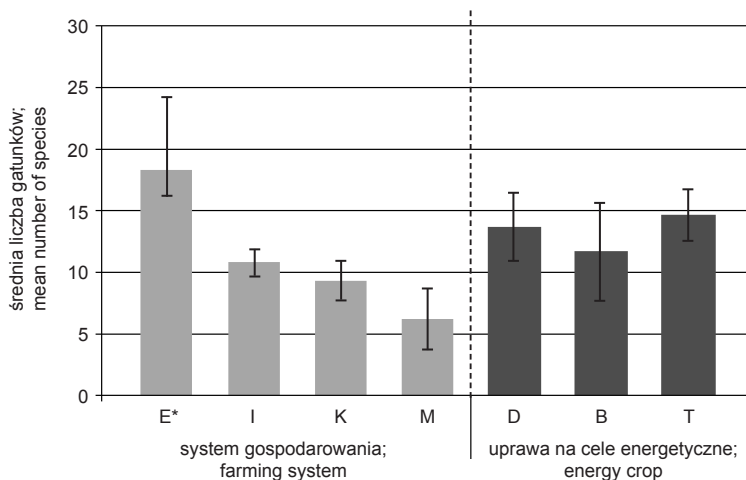
Ocena istotności różnic w liczbie gatunków i liczebności chwastów między porównywanymi obiektami za pomocą testu Kruskala-Wallisa  
The assessment of the significance of differences in number of species and their abundance between the compared objects according to Kruskal-Wallis test

System gospodarowania i typ uprawy; Farming system and type of crop		Ekologiczny; Organic	Integrowany; Integrated	Konwencjonalny; Conventional	Monokultura; Monoculture	Drzewa i krzewy; Trees and bushes	Byliny; Perennial dicotyledonous	Trawy wieloletnie; Perennial grasses
		wyniki testu dla liczby gatunków; the results of test for number of species, $p = 0,003$						
Ekologiczny; Organic	wyniki testu dla liczebności chwastów; the results of test for number of weeds, $p = 0,017$	×	0,019	0,037	0,037	0,173	0,036	0,173
Integrowany; Integrated		0,067	×	0,853	0,048	0,064	0,350	0,033
Konwencjonalny; Conventional		0,136	0,860	×	0,081	0,099	0,500	0,074
Monokultura; Monoculture		0,036	0,050	0,049	×	0,037	0,076	0,037
Drzewa i krzewy; Trees and bushes		0,834	0,020	0,037	0,036	×	0,133	0,916
Byliny; Perennial dicotyledonous		0,766	0,216	0,383	0,046	0,036	×	0,222
Trawy wieloletnie; Perennial grasses		0,095	0,020	0,037	0,035	0,095	0,074	×



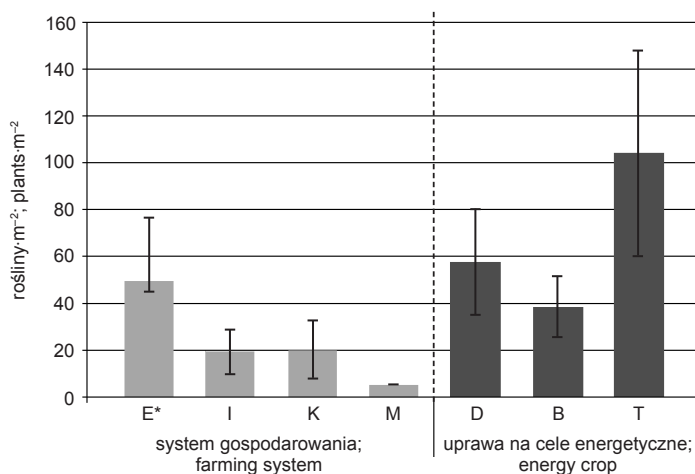
\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 31. Łączna liczba gatunków chwastów ( $\pm$ odch. stand.) w różnych systemach gospodarowania i grupach roślin uprawianych na cele energetyczne  
 Total number of weed species ( $\pm$ st. dev.) in different farming systems and groups of plants cultivated for energy purposes



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 32. Średnia liczba gatunków chwastów ( $\pm$ odch. stand.) w różnych systemach gospodarowania i grupach roślin uprawianych na cele energetyczne  
 Mean number of weed species ( $\pm$ st. dev.) in different farming systems and groups of plants cultivated for energy purposes



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 33. Średnia liczba chwastów ( $\pm$ odch. stand.) w uprawach rolniczych w różnych systemach gospodarowania i grupach roślin uprawianych na cele energetyczne  
Mean number of weeds ( $\pm$ st. dev.) in crops cultivated in different farming systems and groups of plants cultivated for energy purposes

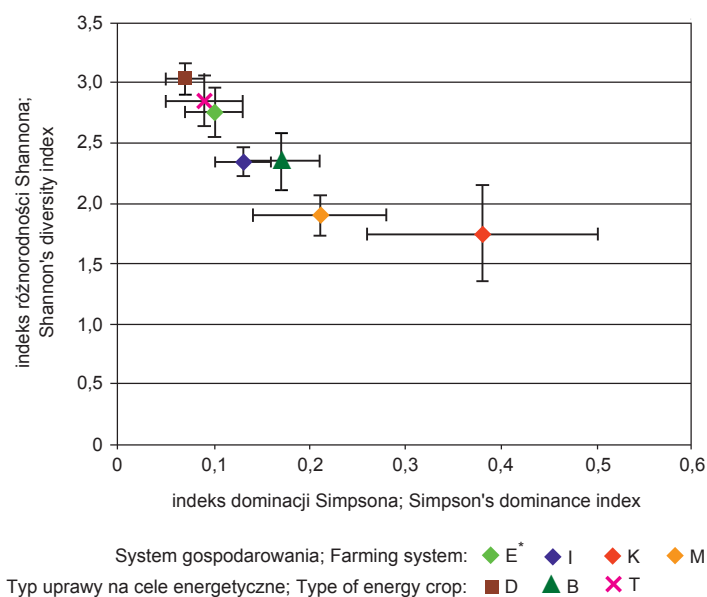
Flora towarzysząca uprawom na cele energetyczne z grupy drzew i krzewów cechowała się największą wartością wskaźnika różnorodności Shannona i najmniejszą indeksem dominacji Simpsona, co świadczy zarówno o bogactwie gatunkowym zbiorowisk, jak też równomiernym udziale poszczególnych gatunków (rys. 34). Zbliżone wartości obu wskaźników charakteryzowały zbiorowiska segetalne traw wieloletnich i roślin uprawianych w ekologicznym systemie gospodarowania oraz bylin i upraw w systemie integrowanym. Flora segetalna w systemie konwencjonalnym cechowała się najmniejszą wartością wskaźnika Shannona i największą indeksem Simpsona. Duże wartości odchylenia standardowego dla wskaźników w tym systemie gospodarowania (rys. 34) wynikają ze zróżnicowanej oceny uzyskanej dla poszczególnych gatunków roślin (rys. 23).

Wartości wskaźnika różnorodności Shannona dla zbiorowisk chwastów w łąkach roślin uprawianych na cele energetyczne nie różniły się istotnie od systemu ekologicznego, według testu nieparametrycznego Kruskala-Wallisa (tab. 37). Flora towarzysząca drzewom i krzewom uprawianym na cele energetyczne charakteryzowała się większymi wartościami wskaźnika różnorodności Shannona i mniejszymi wartościami wskaźnika dominacji Simpsona od flory segetalnej w systemach integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze pszenicy oraz w uprawie bylin (rys. 34).

Porównanie flory towarzyszącej uprawom na cele energetyczne i jednorocznym uprawom rolniczym za pomocą jakościowego wskaźnika Sorensena wykazało, że zbiorowiska w uprawie wierzby, miskanta i mozgi trzcinowatej cechowały się małym podobieństwem składu gatunkowego do łąków zbóż i roślin strączkowych.

Natomiast obiekty te wykazały duże podobieństwo do mieszanki koniczyn z trawami w drugim roku użytkowania w systemie ekologicznym (tab. 38), prawdopodobnie ze względu na obecność w zbiorowiskach gatunków typowych dla siedlisk łąkowych i ruderalnych. Stwierdzono duże podobieństwo zbiorowisk chwastów w uprawie topinamburu, ślazuwca pensylwańskiego i topoli do jednorocznych upraw rolniczych.

Ocena za pomocą ilościowego wskaźnika Sorensena wykazała, że zbiorowiska chwastów w łąkach roślin uprawianych na cele energetyczne były najbardziej podobne do zbiorowisk w łące pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym, w następnej kolejności w systemie integrowanym, a najmniej do zbiorowisk w łące pszenicy uprawianej w sposób intensywny w monokulturze (tab. 38). Najmniejsze podobieństwo ilościowe stwierdzono pomiędzy florą towarzyszącą uprawie miskańta oraz zbóż i roślin strączkowych. Dużym podobieństwem ilościowym cechowały się zbiorowiska chwastów w łące ślazuwca pensylwańskiego i pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym oraz topinamburu i rzepaku.



\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 34. Indeks różnorodności Shannona i dominacji Simpsona ( $\pm$ odch. stand.) dla zbiorowisk chwastów w różnych systemach gospodarowania oraz grupach roślin uprawianych na cele energetyczne

Shannon's diversity index and Simpson's dominance index ( $\pm$ st. dev.) for weed communities in different farming systems and groups of plants cultivated for energy purposes

Tabela 37

Ocena istotności różnic w wartościach wskaźników różnorodności Shannona i dominacji Simpsona między zbiorowiskami chwastów w porównywanych obiektach za pomocą testu Kruskala-Wallisa

The assessment of the significance of differences in Shannon diversity index and Simpson's dominance index for weed communities in the compared objects according to Kruskal-Wallis test

System gospodarowania i typ uprawy; Farming system and type of crop		Ekologiczny; Organic	Integrowany; Integrated	Konwencjonalny; Conventional	Monokultura; Monoculture	Drzewa i krzewy; Trees and bushes	Byliny; Perennial dicotyledonous	Trawy wieloletnie; Perennial grasses
		wyniki testu dla wskaźnika różnorodności Shannona; the results of test for Shannon's diversity index, $p = 0,003$						
Ekologiczny; Organic	wyniki testu dla wskaźnika dominacji Simpsona; the results of test for Simpson's dominance index, $p = 0,004$	×	0,020	0,037	0,037	0,403	0,074	0,296
Integrowany; Integrated		0,020	×	0,596	0,108	0,020	0,860	0,111
Konwencjonalny; Conventional		0,099	0,596	×	0,663	0,037	0,383	0,074
Monokultura; Monoculture		0,037	0,052	0,507	×	0,037	0,383	0,037
Drzewa i krzewy; Trees and bushes		0,249	0,020	0,037	0,037	×	0,037	0,095
Byliny; Perennial dicotyledonous		0,037	0,377	0,663	0,081	0,037	×	0,371
Trawy wieloletnie; Perennial grasses		0,403	0,270	0,233	0,037	0,173	0,074	×

Tabela 38

Ocena podobieństwa jakościowego i ilościowego między zbiorowiskami chwastów w wybranych uprawach rolniczych i na cele energetyczne  
The assessment of qualitative and quantitative similarity between weed communities in selected agricultural crops and for energy purposes

Typ uprawy; Type of crop		po E*	po I	po M	pj E	k+t 2 E	str I	rzep K	wierzba 1	wierzba 3	topola	topinam	sida	miskant	mozga
		wskaźnik podobieństwa jakościowego; qualitative index of similarity													
po E*	wskaźnik podobieństwa ilościowego; quantitative index of similarity	×	48	48	73	67	50	49	38	33	46	44	41	32	32
po I		21	×	53	52	47	67	49	42	40	49	46	53	33	33
po M		10	39	×	52	46	56	61	36	32	49	51	48	37	37
pj E		54	17	7	×	69	54	65	40	34	49	51	48	37	37
k+t 2 E		44	19	8	38	×	40	61	61	55	52	50	47	43	43
str I		27	26	8	28	32	×	46	36	27	43	44	50	32	32
rzep K		18	32	22	44	12	11	×	39	37	42	43	43	40	40
wierzba 1		22	16	6	18	27	24	9	×	68	63	58	61	67	58
wierzba 3		27	18	10	20	38	34	13	42	×	57	50	51	61	54
topola		29	18	8	27	22	24	15	42	28	×	64	44	45	51
topinambur		30	40	23	30	24	15	46	23	27	27	×	62	60	59
sida		58	25	10	34	27	26	30	23	28	26	40	×	57	44
miskant		16	10	4	31	11	6	32	30	23	24	29	18	×	50
mozga		33	26	13	36	28	33	27	31	52	34	47	39	23	×

Przedziały wartości wskaźników podobieństwa; Value ranges of similarity indices:

niski (0–30%)
  średni (31–60%)
  wysoki (61–100%)

\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Porównanie zbiorowisk chwastów towarzyszących różnym sposobom użytkowania gruntów, za pomocą wskaźników Sorensena, wykazało, że flora w uprawach roślin na cele energetyczne była najbardziej podobna pod względem składu gatunkowego i liczebności gatunków wspólnych do flory w systemie ekologicznym (tab. 39). Stwierdzono małe podobieństwo ilościowe i średnie podobieństwo jakościowe.




ciowe zbiorowisk chwastów w monokulturze pszenicy ozimej do traw wieloletnich, drzew i krzewów oraz bylin uprawianych na cele energetyczne. Analiza z wykorzystaniem wskaźnika ilościowego wykazała również małe podobieństwo zbiorowisk chwastów w łąkach traw wieloletnich i uprawach w systemie integrowanym.

Tabela 39

Ocena podobieństwa jakościowego i ilościowego między zbiorowiskami chwastów w różnych systemach gospodarowania i grupach roślin uprawianych na cele energetyczne  
The assesment of qualitative and quantitative similarity between weed communities in different farming systems and groups of plants cultivated for energy purposes

System gospodarowania i typ uprawy; Farming system and type of crop		Ekologiczny; Organic	Integrowany; Integrated	Konwencjonalny; Conventional	Monokultura; Monoculture	Drzewa i krzewy; Trees and bushes	Byliny; Perennial dicotyledonous	Trawy wieloletnie; Perennial grass
		wskaźnik podobieństwa jakościowego; qualitative index of similarity						
Ekologiczny; Organic	wskaźnik podobieństwa ilościowego; quantitative index of similarity	×	72	68	40	65	58	66
Integrowany; Integrated		36	×	68	52	48	50	55
Konwencjonalny; Conventional		38	29	×	56	58	56	54
Monokultura; Monoculture		14	23	34	×	35	41	33
Drzewa i krzewy; Trees and bushes		38	33	24	12	×	59	67
Byliny; Perennial dicotyledonous		51	27	54	15	39	×	68
Trawy wieloletnie; Perennial grasses		40	18	30	8	51	40	×

Przedziały wartości wskaźników podobieństwa; Value ranges of similarity indices:

 niski (0–30%)  średni (31–60%)  wysoki (61–100%)

Klasyfikacja obiektów za pomocą analizy hierarchicznej kumulującej, oparta na podobieństwie jakościowym, uwidoczniła odrębność zbiorowisk chwastów w łąkach wieloletnich roślin uprawianych na cele energetyczne oraz w uprawach rolni-

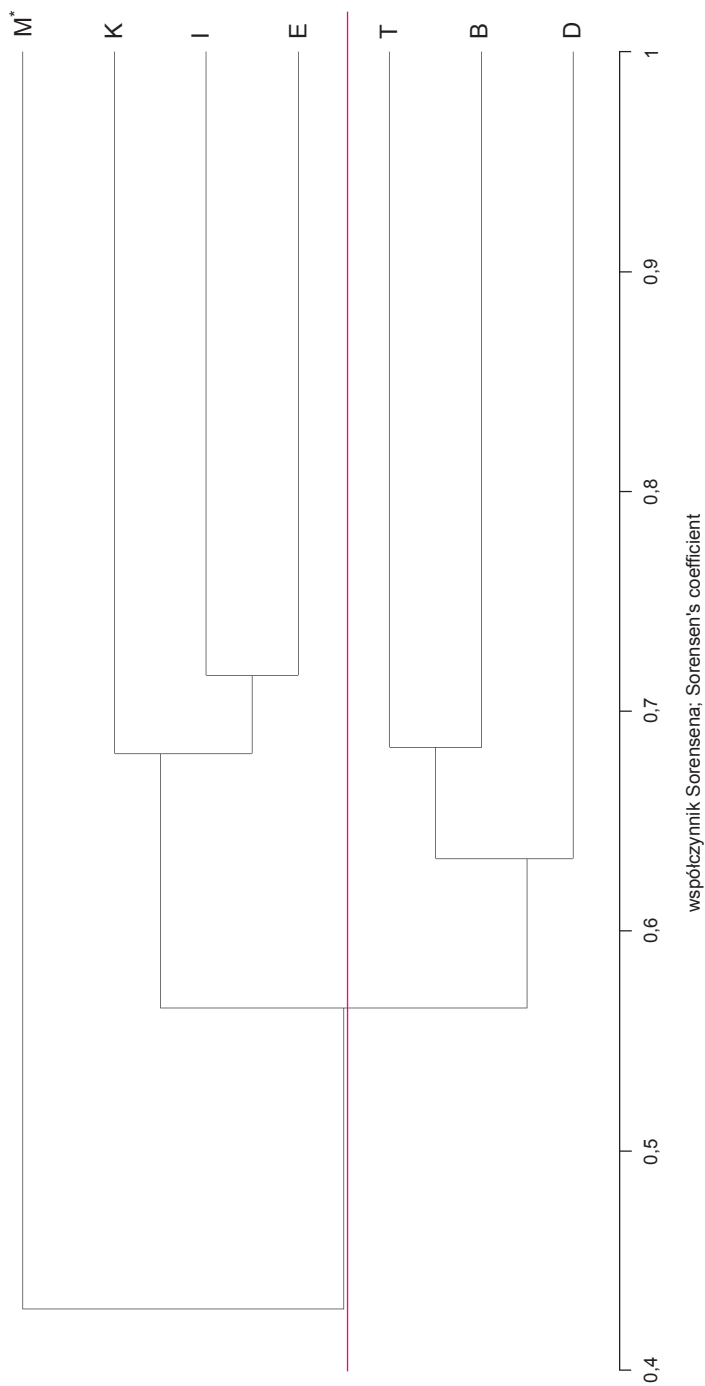


czych na gruntach ornych. Grupowanie przedstawione na rysunku 35 wskazuje na stopień podobieństwa zbiorowisk w poszczególnych systemach gospodarowania oraz grupach roślin uprawianych na cele energetyczne. Flora segetalna w systemie ekologicznym była bardziej podobna do flory w systemie integrowanym niż konwencjonalnym. Stwierdzono duże podobieństwo zachwaszczenia traw wieloletnich i bylin oraz odmienność zbiorowisk chwastów w grupie drzew i krzewów. Analiza wykazała odrębność zbiorowisk segetalnych w monokulturze pszenicy ozimej zarówno w stosunku do roślin energetycznych, jak i pozostałych systemów gospodarowania.

Dokładniejsza klasyfikacja przeprowadzona dla poszczególnych upraw wskazała na podobieństwo składu gatunkowego zbiorowisk segetalnych w łańcach roślin uprawianych w ekologicznym systemie produkcji, które utworzyły jedno skupienie, jak również podobieństwo flory w większości upraw na cele energetyczne (rys. 36). Odrębny klaster utworzyły zbiorowiska chwastów w uprawie wierzby 4–5-letniej i zbieranej co 3 lata, co potwierdza ich odmienność. Klasyfikacja wykazała duże podobieństwo flory segetalnej w monokulturze pszenicy ozimej i rzepaku ozimym uprawianym w systemie konwencjonalnym.

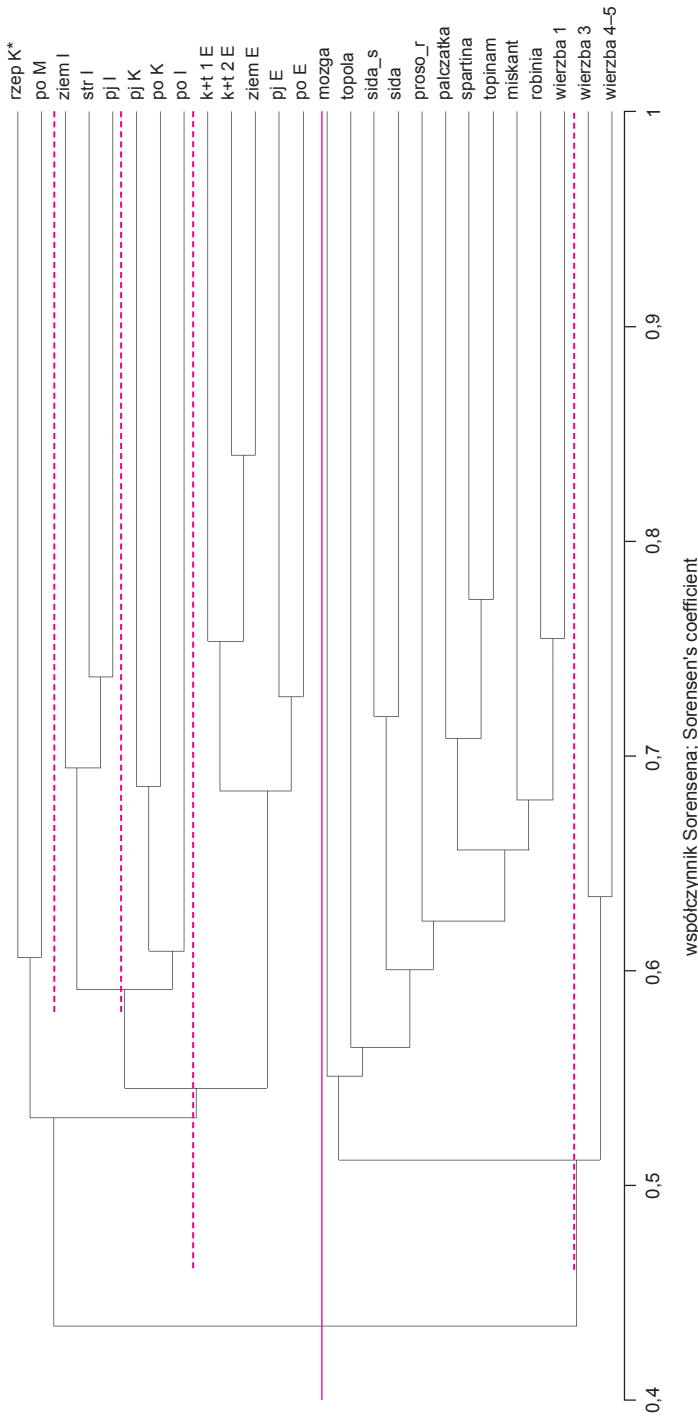
Kolejna analiza uwzględniająca wartości ilościowego wskaźnika podobieństwa Sorensena, oparta na liczebności gatunków wspólnych, pogrupowała uprawy w nieco inny sposób (rys. 37). Na tej podstawie wykazano podobieństwo flory towarzyszącej wierzbie 4–5-letniej i mieszance koniczyn z trawami w ekologicznym systemie gospodarowania. Zbiorowiska chwastów w łańcu wierzby użytkowanej w cyklu 3-letnim, mozgi trzcinowatej i ślazuwca pensylwańskiego uprawianego z sadzonek były w tej ocenie najbardziej podobne do zbiorowisk w łańcu jednorocznych roślin uprawianych w systemie ekologicznym. Wykazano podobieństwo flory występującej w uprawie ślazuwca pensylwańskiego z siewu i topinamburu do flory występującej w łańcu pszenicy jarej i rzepaku uprawianych w sposób konwencjonalny. Odrębne skupienia utworzyły pozostałe rośliny energetyczne oraz rośliny uprawiane w systemie integrowanym wraz z pszenicą ozimą w systemie konwencjonalnym i monokulturze.

Klasyfikacja gatunków chwastów ze względu na podobieństwo występowania w próbach uwidoczniła podział na grupę taksonów pojawiających się często w jednorocznych roślinach uprawianych w różnych systemach gospodarowania, do której należały: *Chenopodium album*, *Viola arvensis*, *Galium aparine* i *Stellaria media* (rys. 38). Kolejny klaster obejmował gatunki występujące licznie w uprawach na cele energetyczne, m.in. *Conyza canadensis*, *Lactuca serriola* i *Solidago gigantea*. Następne skupienia grupowały gatunki charakterystyczne dla poszczególnych upraw, np. wierzby 4–5-letniej: *Aegopodium podagraria*, *Hieracium pilosella*, *Campanula patula*, *Leontodon hispidus* i *Sambucus nigra*. Brak wyraźnego podziału na grupy w analizie tą techniką wynika z faktu, że wiele gatunków było wspólnych dla różnych obiektów, a niektóre taksony występowały sporadycznie.



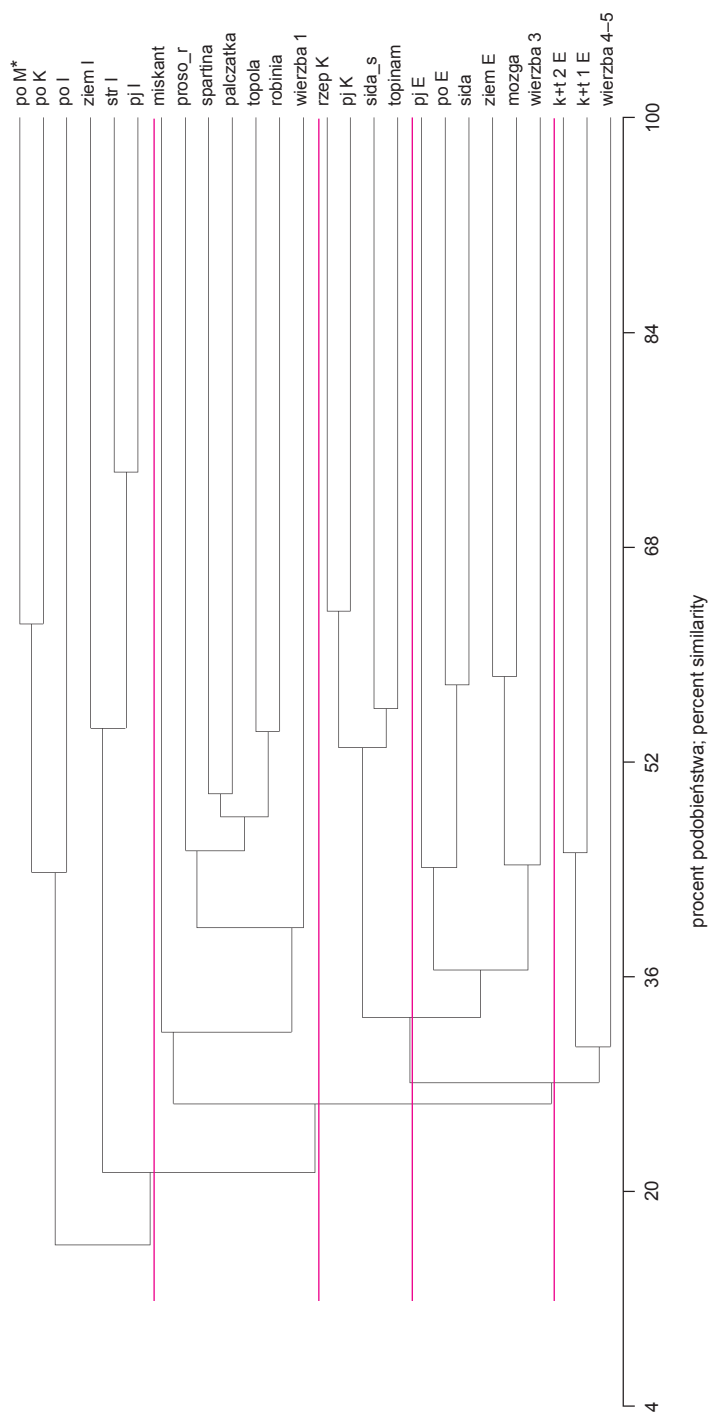
\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 35. Wyniki klasyfikacji hierarchicznej kumulującej z wykorzystaniem metody średnich połączeń (UPGMA) dla różnych sposobów użytkowania gruntów ze względu na podobieństwo jakościowe zbiorowisk chwastów  
 The results of the hierarchical cumulative classification using average linkage method (UPGMA) of samples representing different types of land use due to the qualitative similarity of weed communities



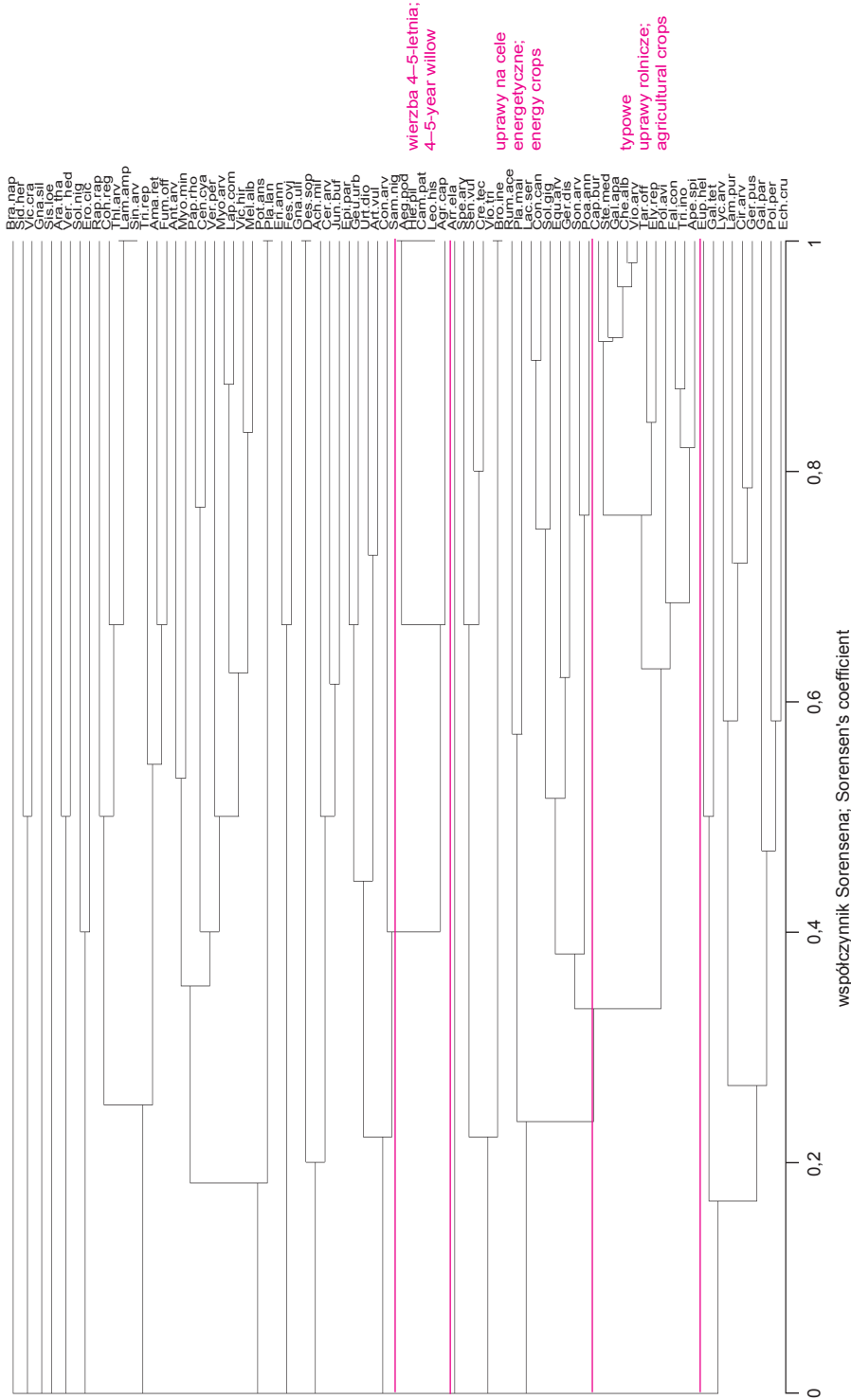
\* objaśnienia skrótów obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 36. Wyniki klasyfikacji hierarchicznej kumulującej z wykorzystaniem metody średnich połączeń (UPGMA) dla poszczególnych upraw ze względu na podobieństwo jakościowe zbiorowisk chwastów  
 The results of the hierarchical cumulative classification using average linkage method (UPGMA) of samples representing different crops due to the qualitative similarity of weed communities



\* objaśnienia skrótów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 37. Wyniki klasyfikacji hierarchicznej kumulującej z wykorzystaniem metody średnich połączeń (UPGMA) dla poszczególnych upraw ze względu na podobieństwo ilościowe zbiorowisk chwastów  
 The results of the hierarchical cumulative classification using average linkage method (UPGMA) of samples representing different crops due to the quantitative similarity of weed communities



Rys. 38. Wyniki klasyfikacji hierarchicznej metodą najbliższego sąsiada dla gatunków chwastów ze względu na podobieństwo występowania w próbach

The results of the hierarchical cumulative classification using farthest neighbour method of weed species due to the similarity of occurrence in samples

Roślinom uprawianym na cele energetyczne towarzyszyło ogółem 68 gatunków chwastów, a typowym uprawom rolniczym na gruntach ornych w różnych systemach gospodarowania – 54 gatunki (tab. 40). Wspólnych dla obu sposobów użytkowania gruntów było 41 taksonów, a 27 wystąpiło tylko w roślinach uprawianych na cele energetyczne. Wyłącznie na gruntach ornych zanotowano 13 gatunków, tj.: *Amaranthus retroflexus*, *Brassica napus*, *Lamium amplexicaule*, *Plantago lanceolata*, *Raphanues raphanistrum*, *Consolida regalis*, *Sinapis arvensis*, *Potentilla anserina*, *Thlaspi arvense*, *Papaver rhoeas*, *Vicia hirsuta*, *Geranium pussillum* i *Lapsana communis*. Średnia liczebność chwastów w łańcach roślin energetycznych wyniosła 70 roślin·m<sup>-2</sup>, a w uprawach na gruntach ornych – 30 roślin·m<sup>-2</sup> (tab. 40).

Tabela 40

Lista gatunków oraz średnia liczebność chwastów towarzyszących uprawom na cele energetyczne i typowym uprawom rolniczym wraz z określeniem trwałości, przynależności do grupy geograficzno-historycznej oraz siedliska

List of species and number of plants accompanying the energy crops and typical agricultural crops according to their persistence (life cycle), geographical – historical group and habitat

Uprawa na cele energetyczne; Energy crop					Uprawa rolnicza; Agricultural crop				
Gatunek; Species	liczebność (roślin·m <sup>-2</sup> ); number (plants·m <sup>-2</sup> )	Tr*	G-H**	siedlisko***, habitat	Gatunek; Species	liczebność (roślin·m <sup>-2</sup> ); number (plants·m <sup>-2</sup> )	Tr*	G-H**	siedlisko***, habitat
Con.can	11,429	K	AGR	SEG/RD	Vio.arv	5,818	K	AR	SEG
Vio.arv	8,827	K	AR	SEG	Che.alb	5,456	K	A	SEG
Ste.med	5,763	K	A	SEG	Ste.med	2,496	K	A	SEG
Che.alb	4,859	K	A	SEG	Gal.apa	1,558	K	A	SEG/RD
Sen.vul	4,782	K	AR	SEG	Ech.cru	1,512	K	AR	SEG
Lac.ser	4,500	K	AR	SEG/RD	Cap.bur	1,373	K	AR	SEG/RD
Tar.off	3,795	W	A	ŁK	Fal.con	1,353	K	AR	SEG
Poa.ann	2,821	K	A	SEG/RD	Tri.ino	1,205	K	AR	SEG/RD
Gal.apa	2,513	K	A	SEG/RD	Lam.pur	1,004	K	AR	SEG/RD
Cap.bur	2,147	K	AR	SEG/RD	Fum.off	0,927	K	AR	SEG
Sol.gig	1,859	W	AGR	SEG/RD	Ape.spi	0,903	K	AR	SEG
Tri.ino	1,808	K	AR	SEG/RD	Lap.com	0,772	K	A	SEG/RD
Ely.rep	1,603	W	A	SEG/RD	Equ.arv	0,747	W	A	SEG/ŁK
Jun.buf	1,359	K	A	SEG/ŁK	Cir.arv	0,713	W	A	SEG
Cer.arv	1,141	W	A	SEG/ŁK	Pap.rho	0,577	K	AR	SEG
Ech.cru	1,064	K	AR	SEG	Vic.hir	0,548	K	AR	SEG

cd. tab. 40

Uprawa na cele energetyczne; Energy crop					Uprawa rolnicza; Agricultural crop				
Gatunek; Species	liczebność (roślin·m <sup>-2</sup> ); number (plants·m <sup>-2</sup> )	Tr*	G-H**	stedlisko***, habitat	Gatunek; Species	liczebność (roślin·m <sup>-2</sup> ); number (plants·m <sup>-2</sup> )	Tr*	G-H**	stedlisko***, habitat
Ape.spi	0,910	K	AR	SEG	Ely.rep	0,412	W	A	SEG/RD
Epi.par	0,859	W	A	ŁK/L	Tar.off	0,292	W	A	ŁK
Equ.arv	0,667	W	A	SEG/ŁK	Ger.pus	0,269	K	AR	SEG/RD
Arr.ela	0,538	W	A	ŁK	Ver.per	0,255	K	EP	SEG/ŁK
Urt.dio	0,474	W	A	RD	Lyc.arv	0,155	K	AR	SEG
Fal.con	0,436	K	AR	SEG	Myo.arv	0,151	K	AR	SEG
Ara.tha	0,397	K	A	SEG/RD	Mel.alb	0,118	K	A	SEG/RD
Gal.par	0,385	K	EP	SEG	Pla.maj	0,113	W	A	SEG/RD
Cre.tec	0,385	K	A	SEG	Pol.avi	0,103	K	A	SEG/RD
Son.arv	0,346	W	A	SEG	Pol.per	0,094	K	A	SEG
Ger.dis	0,333	K	AR	SEG/RD	Cen.cya	0,077	K	AR	SEG
Fum.off	0,308	K	AR	SEG	Ero.cic	0,064	K	AR	SEG
Mel.alb	0,295	K	A	SEG/RD	Gal.par	0,062	K	EP	SEG
Myo.min	0,269	K	A	SEG	Con.can	0,056	K	AGR	SEG/RD
Pol.avi	0,269	K	A	SEG/RD	Ama.ret	0,054	K	EP	SEG
Agr.cap	0,256	W	A	ŁK	Son.arv	0,046	W	A	SEG
Cir.arv	0,256	W	A	SEG	Bra.nap	0,044	K	ER	SEG
Pla.maj	0,250	W	A	SEG/RD	Tri.rep	0,038	W	A	ŁK
Ant.arv	0,218	K	AR	SEG	Myo.min	0,035	K	A	SEG
Spe.arv	0,179	K	AR	SEG	Ger.dis	0,032	K	AR	SEG/RD
Art.vul	0,173	W	A	RD	Lam.amp	0,031	K	AR	SEG/RD
Geu.urb	0,154	W	A	L	Poa.ann	0,031	K	A	SEG/RD
Rum.ace	0,154	W	A	SEG/ŁK	Cer.arv	0,023	W	A	SEG/ŁK
Ver.per	0,115	K	EP	SEG/ŁK	Gal.tet	0,021	K	A	L
Ero.cic	0,103	K	AR	SEG	Pla.lan	0,019	W	A	SEG/ŁK
Eri.ann	0,090	K	EP	RD	Rap.rap	0,018	K	AR	SEG
Pol.per	0,077	K	A	SEG	Ant.arv	0,017	K	AR	SEG
Ver.hed	0,077	K	A	SEG	Vic.cra	0,015	W	A	ŁK
Vic.cra	0,051	W	A	ŁK	Con.arv	0,009	W	A	SEG/RD
Lam.pur	0,038	K	AR	SEG/RD	Ach.mil	0,009	W	A	ŁK
Lyc.arv	0,038	K	AR	SEG	Con.reg	0,009	K	AR	SEG
Eup.hel	0,038	K	AR	SEG	Eup.hel	0,008	K	AR	SEG
Fes.ovi	0,038	W	A	RD	Rum.ace	0,008	W	A	SEG/ŁK
Cen.cya	0,038	K	AR	SEG	Lac.ser	0,008	K	AR	SEG/RD
Hie.pil	0,038	W	A	ŁK	Sin.arv	0,003	K	AR	SEG

Uprawa na cele energetyczne; Energy crop					Uprawa rolnicza; Agricultural crop				
Gatunek; Species	liczebność (roślin·m <sup>-2</sup> ); number (plants·m <sup>-2</sup> )	Tr*	G-H**	siedlisko***; habitat	Gatunek; Species	liczebność (roślin·m <sup>-2</sup> ); number (plants·m <sup>-2</sup> )	Tr*	G-H**	siedlisko***; habitat
Sam.nig	0,026	W	A	L	Sol.gig	0,003	W	AGR	SEG/RD
Tri.rep	0,026	W	A	ŁK	Pot.ans	0,003	W	A	ŁK
Ach.mil	0,026	W	A	ŁK	Thl.arv	0,003	K	AR	SEG
Des.sop	0,026	K	AR	SEG/RD					
Gal.tet	0,026	K	A	L					
Sis.loe	0,019	K	EP	RD					
Leo.his	0,019	W	A	ŁK					
Cam.pat	0,019	K/W	A	ŁK					
Aeg.pod	0,019	W	A	RD					
Con.arv	0,013	W	A	SEG/RD					
Bro.ine	0,013	W	A	RD					
Vio.tri	0,013	K	A	ŁK					
Myo.arv	0,013	K	AR	SEG					
Sol.nig	0,013	K	AR	SEG					
Gna.uli	0,013	K	A	RD					
Gna.sil	0,013	W	A	L					
Sid.her	0,013	W	ER	SEG					
<b>Razem; Total</b>	<b>69,832</b>				<b>Razem; Total</b>	<b>29,667</b>			

\* Tr – trwałość; persistence: K – krótkotrwałe (1-roczone i/lub dwuletnie); short-lived (annual and/or biennial), W – wieloletnie; perennial

\*\* G-H – przynależność geograficzno-historyczna; geographical-historical group: A – apofity; apophytes, AR – archeofity; archaeophytes, kenofity; kenophytes: EP – epekofity; epecophytes, AGR – agriofity; agriophytes, diafity; diaphytes: ER – ergazjofity; ergaziophytes

\*\*\* siedlisko; habitat: SEG – segetalne; segetal, RD – ruderalne; ruderal, ŁK – łąkowe; meadow, L – leśne; forest

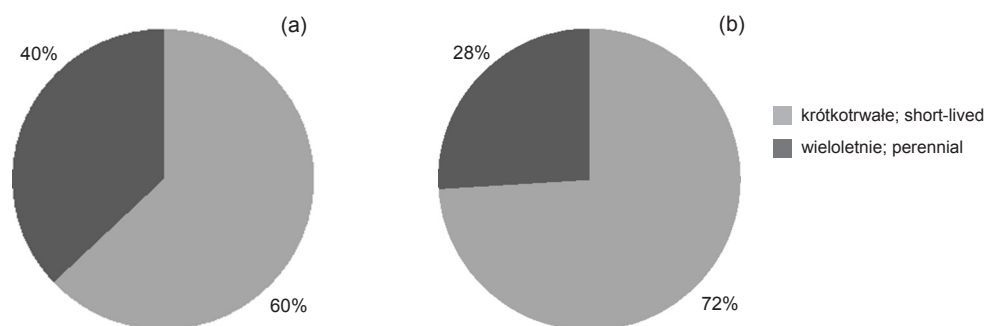
W składzie flory towarzyszącej uprawom roślin na cele energetyczne gatunki wieloletnie stanowiły 40% wszystkich taksonów, a w jednorocznych uprawach rolniczych – 28% (rys. 39). Liczebność gatunków wieloletnich wynosiła 19% ogólnej liczby chwastów w uprawach energetycznych i 8% w uprawach na gruntach ornych (tab. 40).

W roślinach uprawianych na cele energetyczne większy udział niż w jednorocznych uprawach rolniczych miały gatunki typowe dla siedlisk ruderalnych (12%), łąkowych (16%) i leśnych (6%) (rys. 40). W jednorocznych uprawach rolniczych

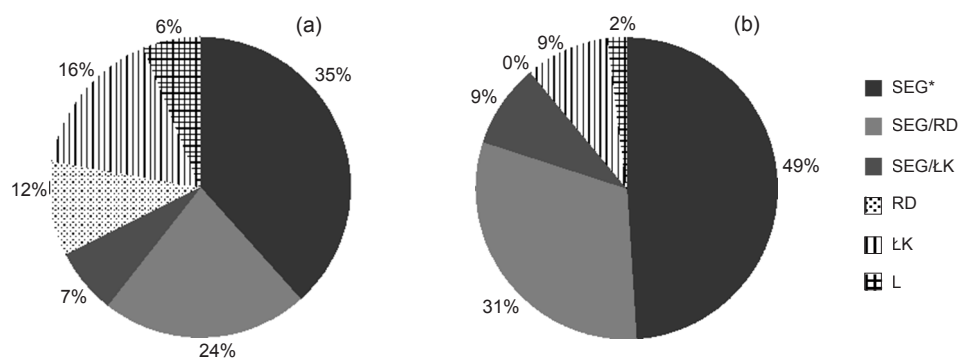


dominowały gatunki segetalne, stanowiąc prawie połowę wszystkich występujących taksonów.

W uprawach roślin na cele energetyczne więcej było gatunków apofitycznych (60%), reprezentujących rodzimą florę, niż w jednorocznych uprawach rolniczych (45%) (rys. 41). Natomiast we florze towarzyszącej uprawom rolniczym większy o 15% był udział archeofitów. Udział gatunków z grupy kenofitów i diafitów był taki sam w obu typach upraw. Kenofity miały jednak przewagę ilościową w łąkach roślin uprawianych na cele energetyczne (tab. 40), głównie ze względu na dominację *Coryza canadensis*, której liczebność wynosiła średnio 11,4 roślin·m<sup>-2</sup>.

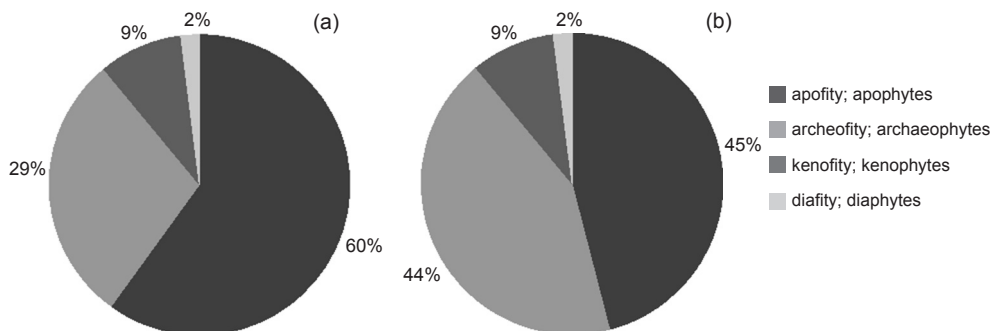


Rys. 39. Udział gatunków krótkotrwałych i wieloletnich w zbiorowiskach chwastów towarzyszących uprawom na cele energetyczne (a) i uprawom rolniczym (b)  
The share of short-lived and perennial species in weed community accompanying plants cultivated for energy purposes (a) and agricultural crops (b)



\* SEG – segetalne; segetal, SEG/RD – segetalne/ruderalne; segetal/ruderal, SEG/ŁK – segetalne/łąkowe; segetal/meadow, RD – ruderalne; ruderal, ŁK – łąkowe; meadow, L – leśne; forest

Rys. 40. Udział gatunków z różnych siedlisk w zbiorowiskach roślin towarzyszących uprawom na cele energetyczne (a) i uprawom rolniczym (b)  
The share of species from different habitats in weed community accompanying plants cultivated for energy purposes (a) and agricultural crops (b)



Rys. 41. Udział gatunków z różnych grup geograficzno-historycznych w zbiorowiskach roślin towarzyszących uprawom na cele energetyczne (a) i uprawom rolniczym (b)

The share of species from different geographical and historical groups in weed community accompanying plants cultivated for energy purposes (a) and agricultural crops (b)

#### 4.2.4. Ocena zależności między sposobem użytkowania gruntów a występowaniem gatunków chwastów

Wstępne porządkowanie prób roślinności towarzyszącej typowym uprawom rolniczym i na cele energetyczne, wykonane za pomocą nietendencyjnej analizy zgodności (DCA), wykazało, że oś pierwsza miała największą wartość własną i objaśniała 15,9% ogólnej zmienności, a cztery osie razem – 31,1% zmienności (tab. 41).

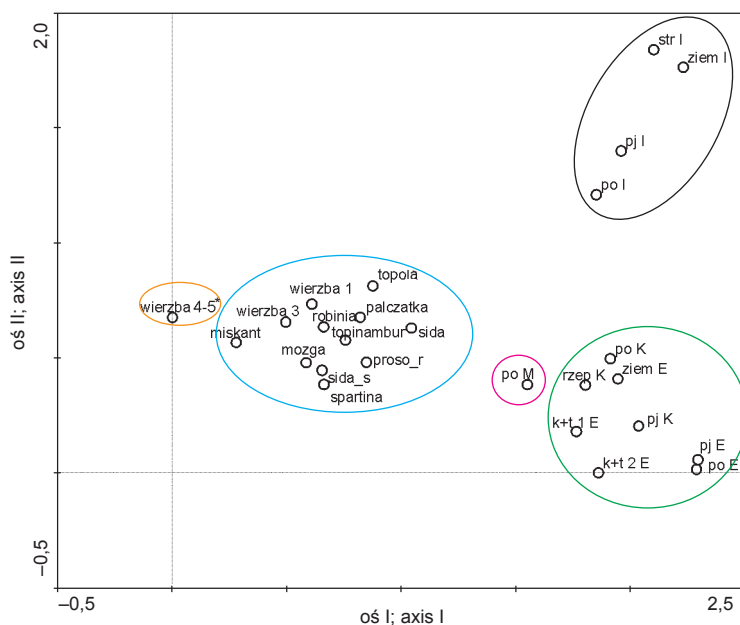
Tabela 41

Zmienność objaśniana przez 4 pierwsze osie w analizie ordynacyjnej DCA zbiorowisk chwastów w uprawach rolniczych i na cele energetyczne  
 Variability explained by the first 4 axes in DCA ordination analysis of weed communities in agricultural crops and plants cultivated for energy purposes

Parametry; Parameters	Oś; Axis	1	2	3	4	Suma wszystkich wartości własnych; Sum of all eigenvalues
Wartość własna; Eigenvalue		0,335	0,166	0,090	0,064	2,108
Długość gradientu; Length of gradient		2,297	1,839	1,500	1,293	
Skumulowany procent zmienności roślinności; Cumulative percentage variance of species data (%)		15,9	23,8	28,1	31,1	

Porządkowanie obiektów z wykorzystaniem analizy DCA wykazało podobieństwo w składzie gatunkowym zbiorowisk chwastów w łąkach roślin uprawianych na cele energetyczne, ale pewną odmienność flory w uprawie wierzby 4–5-letniej (rys. 42).

Razem zgrupowały się próby odpowiadające zbiorowiskom w systemach ekologicznym i konwencjonalnym. W znacznej odległości na diagramie ordynacyjnym ułożone były próby z systemu integrowanego, przy czym wystąpiły różnice w zachwaszczeniu między polami zmianowania. Blisko siebie znalazły się punkty odpowiadające zbiorowiskom chwastów w uprawie pszenicy ozimej i jarej oraz roślin strączkowych i ziemniaka, co świadczy o ich podobieństwie.



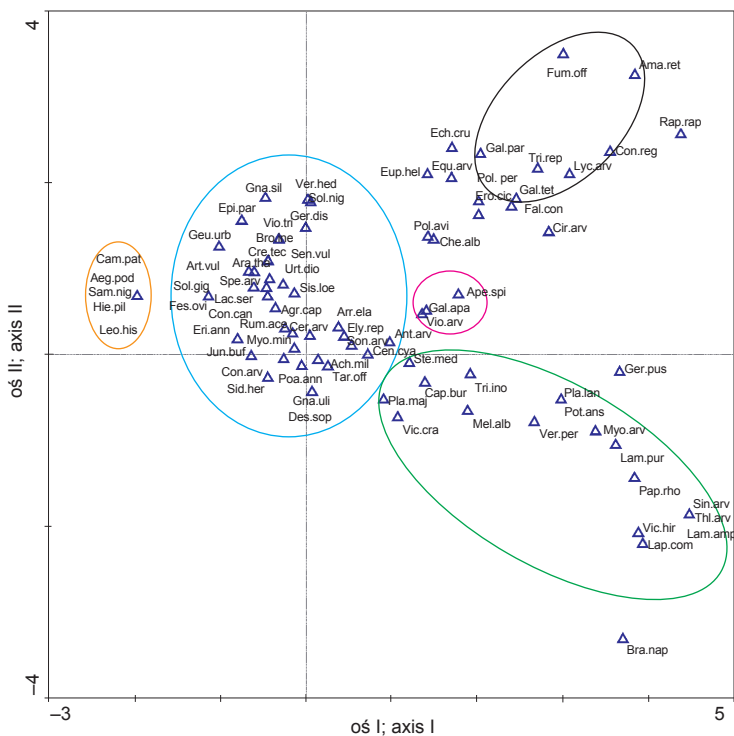
\* objaśnienia obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 42. Diagram uporządkowania prób względem I i II osi DCA  
Ordination diagram of objects in relation to first and second axes of DCA

Wyniki porządkowania dla gatunków w znacznym stopniu pokryły się z rozmieszczeniem obiektów (rys. 43). Gatunki chwastów typowe dla danego sposobu gospodarowania wystąpiły w miejscach odpowiadających im obiektów na rysunku 42.

Ze względu na to, że długość gradientu osi pierwszej w analizie DCA wyniosła 2,297 odchylenia standardowego, dalsze analizy wykonano metodami zalecanymi dla liniowego modelu danych: analizy składowych głównych (PCA) i analizy redundancji (RDA).

Wyniki analizy PCA wykazały, że oś pierwsza miała największą wartość własną i objaśniała 29,0% zmienności, czyli znacznie więcej niż przy analizie DCA (tab. 42). Dwie pierwsze osie przedstawione na diagramie objaśniały w sumie 43,1% zmienności, a cztery osie razem – 59,3% zmienności.



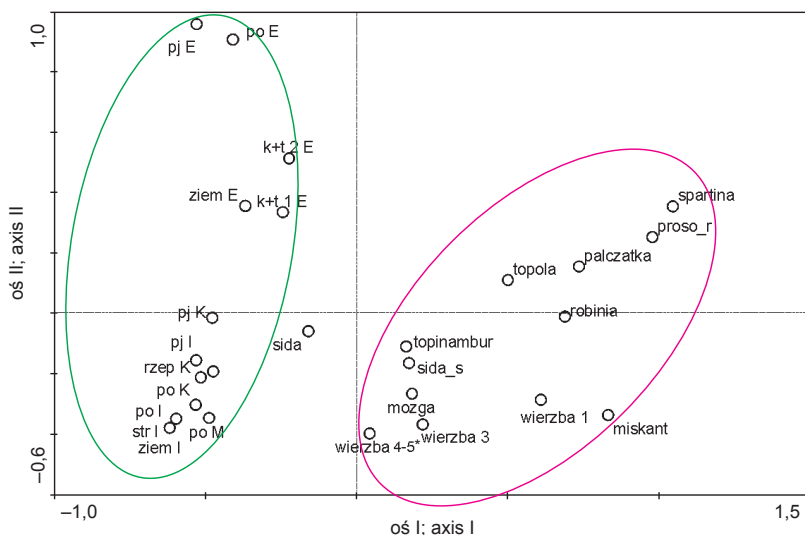
Rys. 43. Diagram uporządkowania gatunków względem I i II osi DCA  
Ordination diagram of species in relations to first and second axes of DCA

Tabela 42

Zmienność objaśniana przez 4 pierwsze osie w analizie ordynacyjnej PCA zbiorowisk chwastów w uprawach rolniczych i na cele energetyczne  
Variability explained by the first 4 axes in PCA ordination analysis of weed communities in agricultural crops and plants cultivated for energy purposes

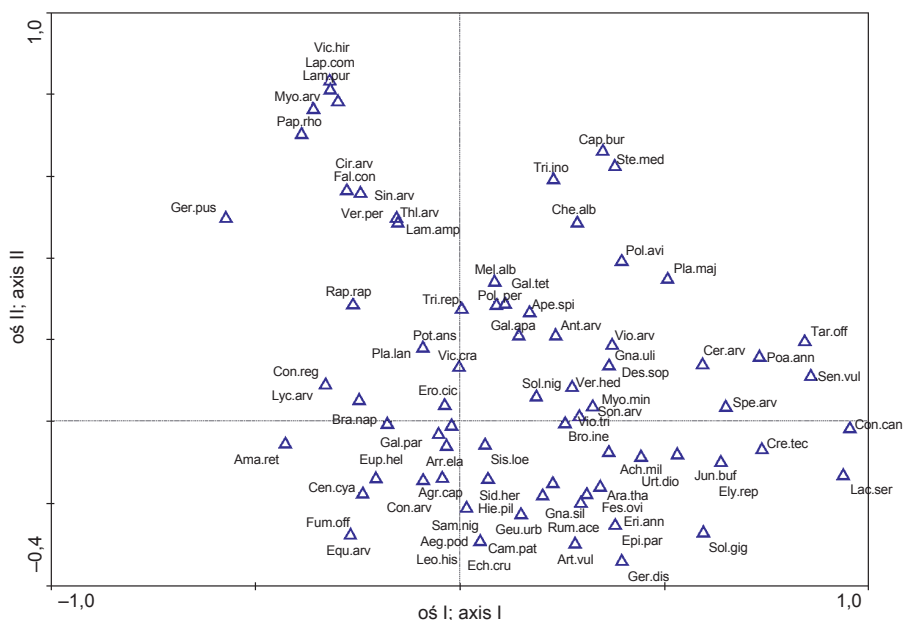
Parametry; Parameters	Oś; Axis	1	2	3	4	Całkowita zmienność; Total variance
Wartość własna; Eigenvalues		0,290	0,141	0,086	0,077	1,000
Skumulowany procent zmienności roślinności; Cumulative percentage variance of species data (%)		29,0	43,1	51,6	59,3	
Suma wszystkich wartości własnych; Sum of all eigenvalues		1,000				

Wyniki porządkowania dla prób i gatunków zostały przedstawione graficznie na rysunkach 44 i 45.



\* objaśnienia obiektów na str. 7; explanation of objects on page 7

Rys. 44. Diagram uporządkowania prób względem I i II osi PCA  
Ordination diagram of objects in relation to first and second axes of PCA



Rys. 45. Diagram uporządkowania gatunków względem I i II osi PCA  
Ordination diagram of species in relation to first and second axes of PCA

Punkty reprezentujące zbiorowiska chwastów w łąkach roślin uprawianych na cele energetyczne znalazły się po prawej stronie, a odpowiadające zbiorowiskom na gruntach ornych – po lewej stronie diagramu, co wskazuje na odmienność flory w tych dwóch analizowanych sposobach użytkowania gruntów (rys. 44 i 45). Próby z systemu ekologicznego zgrupowały się w lewej górnej ćwiartce wykresu, a z pozostałych, intensywniejszych systemów gospodarowania – w lewej dolnej ćwiartce diagramu (rys. 44), inaczej niż przy grupowaniu metodą DCA (rys. 42). Dodatkowo ślazier pensylwański znalazł się po stronie zbiorowisk typowych dla gruntów ornych użytkowanych w integrowanym i konwencjonalnym systemie gospodarowania, co może świadczyć o podobieństwie flory towarzyszącej tej uprawie do zbiorowisk chwastów na gruntach ornych użytkowanych w intensywniejszych systemach produkcji (rys. 44).

Rozmieszczenie gatunków roślin na rysunku 45 jest podobne do rozmieszczenia odpowiadających im prób. Odległości między wieloma gatunkami są niewielkie, co wskazuje na duże podobieństwo jakościowe badanych zbiorowisk.

W celu stwierdzenia, w jaki sposób stosowane sposoby użytkowania gruntów różnicują skład gatunkowy zbiorowisk chwastów, wykonano analizę ordynacji bezpośredniej z zastosowaniem modelu liniowego RDA. Wyniki analizy wykazały, że oś pierwsza miała największą wartość własną i objaśniała 26,0%, dwie pierwsze osie – 37,3%, a wszystkie osie razem 48,4% ogólnej zmienności roślinności (tab. 43).

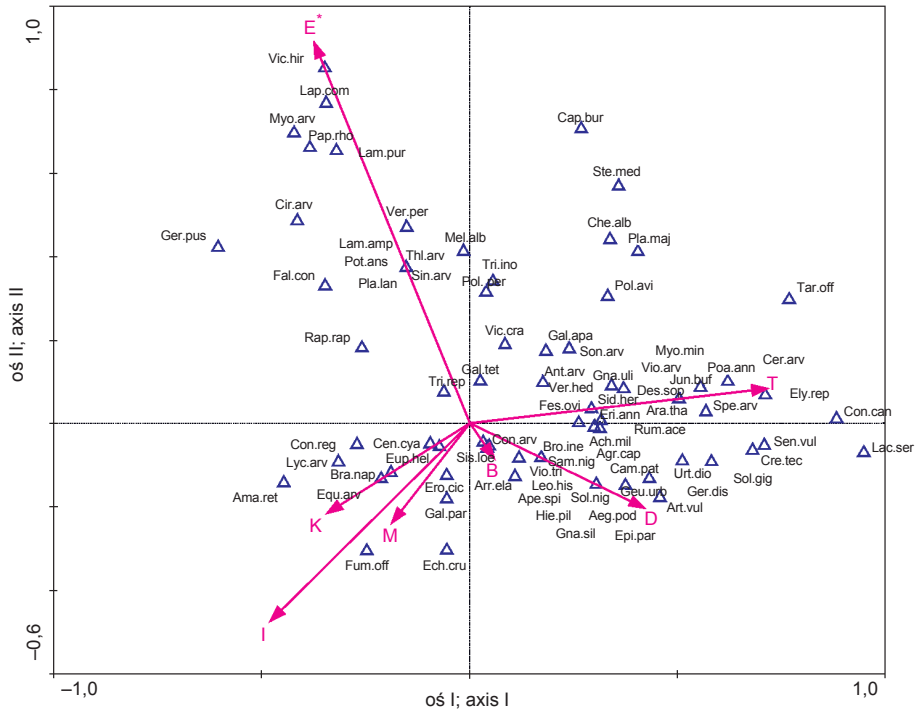
Tabela 43

Zmienność objaśniana przez 4 pierwsze osie w analizie kanonicznej RDA zbiorowisk chwastów w uprawach rolniczych i na cele energetyczne;  
Variability explained by the first 4 axes in RDA canonical analysis of weed communities in agricultural crops and plants cultivated for energy purposes

Parametry; Parameters	Oś; Axis	1	2	3	4	Całkowita zmienność; Total variance
Wartość własna; Eigenvalues		0,260	0,112	0,068	0,044	1,000
Korelacja między gatunkami a zmiennymi agrotechnicznymi; Species-agrotechnical correlations		0,955	0,920	0,908	0,836	
Skumulowany procent zmienności roślinności; Cumulative percentage variance of species data (%)		26,0	37,3	44,0	48,4	
Skumulowany procent zmienności zależności między roślinnością a zmiennymi agrotechnicznymi; Cumulative percentage variance of species – agrotechnical relation (%)		50,5	72,3	85,4	93,9	
Suma wszystkich wartości własnych; Sum of all eigenvalues		1,000				
Suma wszystkich kanonicznych wartości własnych; Sum of all canonical eigenvalues		0,516				

Gradienty zmiennych oraz uzyskany rozkład gatunków potwierdzają odmiennosc zbiorowisk w ekologicznym i pozostałych systemach gospodarowania na gruntach ornych (lewa strona diagramu na rys. 46) od flory towarzyszącej uprawom na cele energetyczne (prawa strona diagramu na rys. 46). Wzdłuż gradientu osi I największa korelacja między badanymi zmiennymi a położeniem gatunków wystąpiła dla traw wieloletnich, a z osią II w największym stopniu skorelowany był ekologiczny sposób gospodarowania (tab. 44, rys. 46). Spośród badanych zmiennych najmniejszą korelację z osiami kanonicznymi wykazywały byliny. Wzdłuż gradientów osi poszczególnych zmiennych grupowały się gatunki najbardziej związane z danym sposobem gospodarowania i rodzajem upraw na cele energetyczne. Z ekologicznym systemem gospodarowania w największym stopniu związane były gatunki: *Vicia hirsuta*, *Lapsana communis*, *Papaver rhoeas*, *Myosotis arvensis* i *Lamium purpureum*. Gatunki, które zgrupowały się w lewej dolnej ćwiartce diagramu były związane z intensywniejszymi systemami gospodarowania (w szczególności gatunek *Fumaria officinalis* z systemem integrowanym). Dla traw wieloletnich charakterystyczne były gatunki: *Elymus repens*, *Juncus bufonius*, *Poa annua*, *Descurainia sophia*, *Cerastium arvense*, *Spergula arvensis* i *Festuca ovina*, a dla drzew i krzewów: *Aegopodium podagraria*, *Hieracium pilosella*, *Campanula patula*, *Leontodon hispidus*, *Epilobium parviflorum*, *Sambucus nigra*, *Bromus inermis*, *Gnaphalium silvaticum*, *Viola tricolor* i *Geum urbanum*. Niektóre gatunki znalazły się pomiędzy wektorami reprezentującymi drzewa i krzewy oraz trawy wieloletnie, np. *Urtica dioica*, *Solidago gigantea* czy *Lactuca serriola*, co oznacza, że występowały w jednym i drugim zbiorowisku. Duża grupa gatunków była zlokalizowana pomiędzy wektorami systemu ekologicznego i traw wieloletnich, m.in. *Chenopodium album*, *Stellaria media* i *Capsella bursa-pastoris*. Są to krótkotrwałe gatunki, wrażliwe na herbicydy, które licznie występowały zarówno w systemie ekologicznym, jak też w zbiorowiskach roślin energetycznych, w których nie stosowano herbicydów. Wektory systemu konwencjonalnego, monokultury i bylin były znacznie krótsze, co oznacza, że te zmienne w mniejszym stopniu odpowiadały za różnicowanie zbiorowiska.

Analiza wyników krokowej selekcji zmiennych wykazała, że przy testowaniu niezależnym każdej zmiennej agrotechnicznej uwzględnionej w modelu największą część zmienności tłumaczyły trawy wieloletnie (16%) (tab. 45), w następnej kolejności system ekologiczny (13%), integrowany (11%) oraz drzewa i krzewy (10%). Przy testowaniu zależnym (efekty warunkowe) zmienna – trawy wieloletnie tłumaczyła 16% zmienności, drzewa i krzewy – 14% zmienności, system ekologiczny 10%, byliny 6%, system integrowany 5% i konwencjonalny 1%. Zmienne uwzględnione w analizie różnicowały zbiorowisko w sposób istotny, z wyjątkiem systemu konwencjonalnego i monokultury.



\* objaśnienia skrótów na str. 7; explanation of abbreviations on page 7

Rys. 46. Diagram uporządkowania gatunków i zmiennych agrotechnicznych względem I i II osi RDA (biplot RDA)

Ordination diagram of species and agrotechnical variable in relation to first and second axes of RDA (RDA biplot)

Tabela 44

Korelacje zmiennych z osiami kanonicznymi RDA w analizie zbiorowisk chwastów w uprawach rolniczych i na cele energetyczne

Inter set correlations of agrotechnical variables with RDA axes in analysis of weed communities in agricultural crops and plants cultivated for energy purposes

Zmienne (typ uprawy i system gospodarowania); Variables (type of crop and farming system)	Oś I; Ax I	Oś II; Ax II	Oś III; Ax III	Oś IV; Ax IV
Drzewa i krzewy; Trees and bushes	0,400	-0,186	0,701	-0,285
Byliny; Perennial dicotyledonous	0,055	-0,077	-0,116	-0,310
Trawy wieloletnie; Perennial grasses	0,682	0,076	-0,477	0,365
Ekologiczny; Organic	-0,357	0,838	0,118	0,032
Integrowany; Integrated	-0,457	-0,436	0,198	0,579
Konwencjonalny; Conventional	-0,327	-0,198	-0,376	-0,366
Monokultura; Monoculture	-0,178	-0,219	-0,255	-0,197



Tabela 45

Wyniki krokowej selekcji zmiennych i testu permutacyjnego Monte Carlo  
The results of forward selection of variables and Monte Carlo permutation test

Zmienne (typ uprawy i system gospodarowania); Variables (type of crop and farming system)	Efekty brzegowe; Marginal effects	Efekty warunkowe; Conditional effects		
	udział w zmienności; share of variance (lambda)	udział w zmienności; share of variance (lambda)	poziom istotności; level of significance	wartość statystyki F; F-ratio
Trawy wieloletnie; Perennial grasses	0,16	0,16	0,002	4,60
Ekologiczny; Organic	0,13	0,10	0,002	3,88
Integrowany; Integrated	0,11	0,05	0,018	1,96
Drzewa i krzewy; Trees and bushes	0,10	0,14	0,002	4,40
Konwencjonalny; Conventional	0,06	0,01	1,000	0,23
Byliny; Perennial dicotyledonous	0,03	0,06	0,004	2,36
Monokultura; Monoculture	0,03	-	-	-

Wyniki testów istotności osi kanonicznych wykazały, że istnieje silny, istotny związek występowania gatunków z gradientami zarówno pierwszej, jak i wszystkich czterech osi kanonicznych RDA (tab. 46).

Tabela 46

Wyniki testu permutacyjnego Monte Carlo istotności osi kanonicznych RDA  
The results of the Monte Carlo permutation test of RDA canonical axes significance

Test znaczenia; Test of significance:	Wartość własna; Eigenvalue	Poziom istotności; Level of significance	Wartość statystyki F; F-ratio
Pierwszej osi kanonicznej; Of the first canonical axis	0,260	0,002	6,668
Wszystkich osi kanonicznych; Of all canonical axes	0,516	0,002	3,371

## 5. Dyskusja

### 5.1. Oddziaływanie systemów gospodarowania na różnorodność i liczebność flory segetalnej

Zmiany zachodzące w zbiorowiskach chwastów w różnych agroekosystemach mogą być wynikiem zmianowania i związanych z nim zabiegów agrotechnicznych lub stosowania innych, bezpośrednich metod ograniczania zachwaszczenia bądź wszystkich czynników łącznie (Doucet i in. 1999). Wyniki badań własnych wskazują, że intensyfikacja produkcji roślinnej, obejmująca upraszczanie struktury zasiewów oraz zwiększanie nawożenia mineralnego i zużycia herbicydów, spowodowała zmniejszenie bogactwa gatunkowego zbiorowisk chwastów towarzyszących pszenicy ozimej. Badania wykazały, że flora segetalna była najbogatsza w systemie ekologicznym (łącznie 50 gatunków), a najuboższa w skrajnym wariacie systemu konwencjonalnego – monokulturze pszenicy ozimej (25 gatunków). Średnia liczba gatunków występujących na polu w ekologicznej uprawie pszenicy wynosiła 22, natomiast w pozostałych obiektach, w których stosowano herbicydy, była około 3,5-krotnie mniejsza. Różnice te świadczą o zmienności gatunkowej zbiorowisk chwastów w intensywnych systemach gospodarowania uwarunkowanej głównie doborem i skutecznością stosowanych herbicydów.

Analiza flory segetalnej przeprowadzona w 3-letnim okresie badań, uwzględniająca wszystkie rośliny tworzące zmianowania, wykazała podobną zależność, czyli zmniejszanie różnorodności gatunkowej wraz z intensyfikacją gospodarowania. System ekologiczny cechował się największym bogactwem gatunkowym (łącznie 52 gatunki), a monokultura pszenicy ozimej 4-krotnie mniejszą liczbą gatunków. Stwierdzono małe różnice między bogactwem flory segetalnej w uprawach roślin w systemie integrowanym i konwencjonalnym (29 i 30 gatunków).

Negatywny wpływ intensyfikacji gospodarowania na różnorodność gatunkową flory potwierdzają wieloletnie obserwacje prowadzone w krajach, gdzie rozwinęło się intensywne rolnictwo oparte o przemysłowe środki produkcji. Badania Cirujedy i in. (2011) przeprowadzone w Hiszpanii w latach 2005–2007 wykazały, że w porównaniu z 1976 r. zmniejszyła się średnia liczba gatunków chwastów notowanych na polach zbóż ozimych z 9 do 3, co było prawdopodobnie spowodowane intensyfikacją rolnictwa. Badania przeprowadzone przez Andreasena i in. (1996) w Danii wskazują, że na przestrzeni lat 1967–1989 nastąpił spadek liczebności pospolicie występujących chwastów segetalnych. Natomiast na początku XXI w. zanotowano w tym kraju wzrost liczebności i różnorodności flory chwastów na gruntach ornych, co mogło być efektem stosowania zmniejszonych dawek herbicydów, wykorzystania progów szkodliwości, wprowadzania metod gospodarowania przyjaznych dla środowiska i promowania działań sprzyjających zachowaniu i zwiększaniu bioróżnorodności (Andreasen i Stryhn 2008). Podobne wyniki badań uzyskali Baesslera i Klotz (2006), którzy wykazali, że upaństwowienie i towarzysząca temu intensyfikacja

rolnictwa we wschodnich Niemczech spowodowała zmniejszenie o 30% średniej liczby gatunków występujących na polu oraz spadek ogólnej liczebności chwastów. Analizy przeprowadzone w 2000 r. wskazują na zwiększenie bogactwa gatunkowego, głównie o gatunki rzadkie, występujące w małej liczebności, co było związane z restrukturyzacją rolnictwa oraz zwiększeniem liczby gospodarstw i różnorodności krajobrazu po 1990 r. Również w warunkach Polski Trzcńska-Tacik (2003b) zaobserwowała zmniejszenie liczby gatunków chwastów polnych ze 164 w 1979 r. do 125 w 2002 r.

O wpływie intensywności gospodarowania na różnorodność flory segetalnej można wnioskować także z porównania różnych typów gospodarstw: ekologicznego, integrowanego i konwencjonalnego. Wyniki badań wskazują na większe bogactwo gatunków chwastów na polach gospodarstw ekologicznych w porównaniu z konwencjonalnymi i integrowanymi, w których regulacja zachwaszczenia odbywała się za pomocą herbicydów. W metaanalizie przeprowadzonej przez Bengtssona i in. (2005) liczba gatunków w uprawach ekologicznych była o 30% większa niż w konwencjonalnych. Różnice między bogactwem taksonów rejestrowanym w obu typach gospodarowania zależą od intensywności produkcji rolnej, zwłaszcza w systemie konwencjonalnym, i mogą różnić się w poszczególnych krajach Europy (Hyvönen i in. 2003). W warunkach rolnictwa niemieckiego różnorodność gatunkowa chwastów była o 50% większa w roślinach zbożowych uprawianych w sposób ekologiczny w porównaniu z uprawą konwencjonalną (Friebe i Köpke 1995, Friebe 1998). W rejonach Niemiec o żyznych glebach różnica na korzyść systemu ekologicznego była nawet 10-krotna (van Elsen 2000). W Danii, Austrii, Luksemburgu, Słowacji i Czechach rejestrowano 2–3-krotnie więcej gatunków roślin na polach użytkowanych w systemie ekologicznym w porównaniu do konwencjonalnego (Tyr i Lacko-Bartošova 1998, Hald 1999, van Elsen 2000, Pacini i in. 2003, Tyser i in. 2006). W Finlandii, gdzie rolnictwo cechuje się znacznie mniejszym zużyciem herbicydów i nawozów mineralnych w porównaniu z krajami Europy Zachodniej, różnice w liczbie gatunków chwastów w łąkach zbóż jarych uprawianych w gospodarstwach ekologicznych w porównaniu z konwencjonalnymi wynosiły około 10% (Hyvönen i in. 2003).

Analizowane systemy gospodarowania oprócz wpływu na bogactwo gatunkowe flory towarzyszącej roślinom uprawnym różnicują także w istotny sposób jej liczebność. Badania własne wykazały, że zarówno w łące pszenicy ozimej, jak i w całym zmianowaniu liczebność chwastów była największa w systemie ekologicznym. W łące pszenicy ozimej wyniosła średnio 112 roślin·m<sup>-2</sup> i zmniejszała się w kolejności: monokultura – 38, system konwencjonalny – 27, system integrowany – 18 roślin·m<sup>-2</sup>. Natomiast w ostatnich latach badań (2010–2012) najmniej chwastów stwierdzono w monokulturze pszenicy ozimej – 4,4 roślin·m<sup>-2</sup>, co było związane z dużą efektywnością herbicydów stosowanych w tym okresie. Liczebność chwastów w całym zmianowaniu wahała się od 50 w systemie ekologicznym do około 20 roślin·m<sup>-2</sup> w systemie konwencjonalnym i integrowanym. W systemach,

w których stosowano herbicydy oprócz małej różnorodności gatunkowej i liczby chwastów stwierdzono też dominację jednego lub kilku gatunków w zbiorowisku. Zjawisko to najbardziej zaznaczyło się w systemie konwencjonalnym, gdzie licznie występowała *Viola arvensis* i w monokulturze pszenicy ozimej, gdzie dominowały *Viola arvensis* i *Apera spica-venti*.

Wyniki badań krajowych potwierdzają zmiany różnorodności i liczebności flory segetalnej pod wpływem różnej intensywności gospodarowania. W badaniach Deryło i Szymankiewicza (2003) zwiększenie intensywności agrotechniki w uprawie pszenżyta ozimego spowodowało 3-krotne zmniejszenie liczby chwastów oraz obniżenie różnorodności flory o 6 gatunków. Badania wykonane w różnych typach gospodarstw w Polsce potwierdzają na ogół większą różnorodność gatunków chwastów oraz ogólną liczebność i stopień pokrycia na polach gospodarstw ekologicznych w porównaniu z konwencjonalnymi i integrowanymi (Janczak-Tabaszewska i Tyburski 1999, Hołdyński i in. 2000, Kapeluszy i Haliniarz 2000, Rola i in. 2000, Skrzyczyńska i Rzymowska 2000). Tyburski i Rychcik (2007) stwierdzili występowanie 32 gatunków chwastów w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym i tylko 6 gatunków w uprawie konwencjonalnej. Liczba chwastów w gospodarstwie ekologicznym wynosiła 109, a w konwencjonalnym – 30 roślin·m<sup>-2</sup>. W gospodarstwie ekologicznym było 7 gatunków dominujących, a w konwencjonalnym tylko jeden. W badaniach Dąbkowskiej i in. (2007) zachwaszczenie łąnu i gleby było największe w łąkach zbóż uprawianych w systemie ekologicznym, najmniejsze w uprawie konwencjonalnej, a pośrednie w gospodarstwach tradycyjnych.

Ilościowo-jakościowe zmiany w zbiorowiskach chwastów w badanych systemach gospodarowania potwierdzają wartości indeksów różnorodności Shannona i dominacji Simpsona, które uwzględniają liczbę gatunków chwastów oraz ich liczebność. Największą różnorodnością oraz najmniejszymi wartościami wskaźnika dominacji charakteryzowały się zbiorowiska chwastów w systemie ekologicznym, a następnie w systemie integrowanym. Wartości obu wskaźników wyznaczone dla systemu konwencjonalnego i monokultury wskazywały na mniejsze zróżnicowanie składu florystycznego oraz wyraźną dominację w zbiorowisku chwastów jednego lub kilku gatunków. W niektórych latach badań także w systemie ekologicznym obserwowano dominację pewnych gatunków chwastów, np. *Papaver rhoeas*, *Viola arvensis* i *Stellaria media*. Były to jednak różne gatunki w latach, a ich nasilonie występowanie należy wiązać z przebiegiem pogody, a także z historią pola i glebowym bankiem nasion. Można to także tłumaczyć faktem, że w naturalnym zbiorowisku też dominują pewne gatunki, a inne występują rzadziej (Albrecht 2003). Według Armengot i in. (2012), bronowanie w systemie ekologicznym nie zmniejsza różnorodności flory, chociaż w badaniach Jędruszczak i Antoszek (2004) nasilało zjawisko dominacji.

Wyniki badań innych autorów potwierdzają większą różnorodność flory segetalnej oraz mniej nasilonie zjawisko dominacji w gospodarstwach ekologicznych w porównaniu z konwencjonalnymi (Dąbkowska i in. 2007, Dostatny i Małuszyńska 2007, Krawczyk i in. 2010). W badaniach Stupnickiej-Rodzinkiewicz i in. (2004)

dawki herbicydów różnicowały wartości wskaźników różnorodności i dominacji dla zbiorowisk chwastów w łanie zbóż. Uprawa zbóż w monokulturze, zwłaszcza przy stosowaniu chemicznej regulacji zachwaszczenia, działa degradująco na zbiorowiska chwastów i z upływem lat powoduje obniżenie indeksu różnorodności, a wzrost indeksu dominacji, głównie na skutek nasilonego występowania *Apera spica-venti* (Jędruszczak i Antoszek 2004, Sekutowski i Domaradzki 2009).

W badaniach własnych wartości wskaźnika równocенności, który jest miarą udziału gatunków w zbiorowisku przy danej liczbie gatunków, nie różniły się istotnie między badanymi systemami gospodarowania. Podobnych wyników dostarczają badania Cirujedy i in. (2011), w których wartości tego współczynnika nie były istotnie zróżnicowane dla zbiorowisk segetalnych w warunkach różnej intensywności gospodarowania.

W początkowym okresie badań zbiorowiska chwastów w pszenicy ozimej w porównywanych systemach gospodarowania były najbardziej podobne do siebie pod względem składu gatunkowego i liczebności gatunków wspólnych, co potwierdziły wartości wskaźników Sorensena, wyniki analizy hierarchicznej kumulującej i dzielącej oraz analizy ordynacyjnej. W kolejnych latach badań, z uwagi na zróżnicowanie agrotechniki w poszczególnych obiektach, zbiorowiska segetalne zaczynały się bardziej różnić od siebie, na co wskazują malejące wartości wskaźników podobieństwa. Spośród badanych systemów gospodarowania największym podobieństwem w latach i dużą stałością występowania gatunków cechowały się zbiorowiska w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym, co potwierdziły wartości wskaźników Sorensena oraz pozostałe stosowane analizy statystyczne. Na dendrogramach oraz diagramach uporządkowania prób sporządzonych technikami ordynacji pośredniej i bezpośredniej system ekologiczny wyraźnie różnił się od pozostałych obiektów. Zbiorowiska chwastów w pszenicy ozimej uprawianej w systemie integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze charakteryzowały się małym podobieństwem i dużą zmiennością w latach, co potwierdziły niskie wartości wskaźników podobieństwa Sorensena. Wskazują na to także duże wahania w latach wartości wskaźników różnorodności Shannona, dominacji Simpsona i równocенności, co mogło być spowodowane różną skutecznością działania substancji aktywnych herbicydów.

Obserwowane w badaniach własnych ubożenie składu florystycznego zbiorowisk chwastów wraz z intensyfikacją metod gospodarowania nie jest równoznaczne z całkowitym zanikiem tych gatunków, ponieważ o ciągłości występowania gatunku decyduje glebowy bank nasion. Pełni on rolę bufora, który stabilizuje zbiorowiska chwastów. W zmiennym środowisku agroekosystemów, poddanym silnej działalności człowieka, zapewnia on przetrwanie wielu gatunkom (Simpson i in. 1989, Zanin i in. 1992, Falińska i in. 1994). Wyniki wcześniejszych badań prowadzonych na tych samych polach wskazują, że glebowy bank nasion był bogatszy w gatunki niż nadziemna flora chwastów (Feledyn-Szewczyk 2003, Feledyn-Szewczyk i Duer 2004a). Według Marshalla i in. (2003), zwiększona intensywność gospodarowania

w latach 1900–2000 wpłynęła także na zmniejszenie puli nasion chwastów w glebie, na gruntach ornych w Wielkiej Brytanii, Niemczech i Danii.

W 16-letnim okresie badań stwierdzono ograniczenie liczby chwastów w łąnie pszenicy w uprawie ekologicznej, z 370 roślin·m<sup>-2</sup> w 1996 r. do 117 roślin·m<sup>-2</sup> w 2011 r., przy systematycznie zwiększającej się różnorodności gatunkowej. Świadczy to o skuteczności strategii regulacji zachwaszczenia w tym systemie polegającej na oddziaływaniu 5-polowego zmianowania i mechanicznej pielęgnacji oraz może wskazywać na pewną stabilizację zbiorowisk i tworzenie się nowego stanu równowagi. W piśmiennictwie istnieją rozbieżne poglądy na temat wpływu bronowania upraw ekologicznych na strukturę flory. Według Armengot i in. (2012), bronowanie pozwala ograniczyć liczebność chwastów do poziomu, który nie zagraża plonom, ale nie zmniejsza różnorodności flory. Innych wyników dostarczają badania van Elsena (2000), który stwierdził, że intensywne bronowanie może prowadzić do zmniejszenia liczebności ozimych chwastów jednorocznych i sprzyja występowaniu krótkotrwałych chwastów jarych.

Analizując pierwsze (1996–1999) i ostatnie (2009–2011) trzylecie badań, stwierdzono zmniejszenie liczby chwastów w pozostałych systemach gospodarowania – od 70% w monokulturze pszenicy ozimej do ponad 90% w systemach konwencjonalnym i integrowanym, co wskazuje na skuteczność stosowanych zabiegów regulacji zachwaszczenia, głównie herbicydowych. Wyraźnemu zmniejszeniu ogólnej liczby chwastów w tych systemach nie towarzyszył tak znaczący spadek liczby gatunków, co potwierdza znaczenie glebowego banku nasion jako rezerwuaru bioróżnorodności.

Różnice w zbiorowiskach chwastów między badanymi systemami gospodarowania są wypadkową działania różnych czynników agrotechnicznych, takich jak zmianowanie roślin, nawożenie czy metoda regulacji zachwaszczenia. W analizie wyników badań własnych technikami ordynacji bezpośredniej założono, że zmienne agrotechniczne odgrywają większą rolę w różnicowaniu zbiorowisk chwastów niż zmienne siedliskowe. Z uwagi na fakt, że pola systemów gospodarowania znajdowały się w bliskim sąsiedztwie, cechowały się podobnymi warunkami glebowymi i pogodowymi. Przyjęte założenia potwierdzają wyniki badań innych autorów, które wykazały, że zabiegi agrotechniczne mają większe znaczenie w różnicowaniu zbiorowisk chwastów niż warunki siedliskowe (Pysek i in. 2005, Fried i in. 2008, Cimalová i Lososová 2009). Analiza wyników badań własnych techniką ordynacji bezpośredniej, w której zmiennymi były różne elementy agrotechniki systemów produkcji rolnej, wykazała, że na zróżnicowanie zbiorowisk chwastów w największym stopniu wpływało stosowanie herbicydów i nawożenie mineralne, które to czynniki tłumaczyły 25 i 24% zmienności. Zmianowanie roślin odpowiadało w 15% za zróżnicowanie zbiorowisk chwastów. Wnioskowanie o wpływie poszczególnych czynników na florę segetalną jest jednak utrudnione, ponieważ poszczególnym obiektom była przypisana odpowiednia agrotechnika. Uzyskane wyniki badań mogły być uwarunkowane dość intensywnymi zabiegami herbicydowymi oraz stosunkowo wysokimi dawkami nawożenia mineralnego w systemach integrowanym, konwencjonalnym

i monokulturze pszenicy w porównaniu z systemem ekologicznym, w którym nie stosowano chemicznych środków produkcji. O mniejszym wpływie zmianowania w porównaniu z pozostałymi analizowanymi elementami agrotechniki może świadczyć zbliżone bogactwo gatunkowe w uprawie pszenicy ozimej we wszystkich obiektach, w których stosowano herbicydy i nawożenie mineralne, niezależnie od długości rotacji zmianowania.

Analiza ordynacyjna jest coraz częściej wykorzystywana do określania wpływu zmiennych środowiskowych i agrotechnicznych na zróżnicowanie flory w agroekosystemach (Hyvönen 2007, Cirujeda i in. 2011, Storkey i in. 2012). Rozbieżne rezultaty badań na temat tego, który z czynników agrotechnicznych w największy sposób oddziałuje na zróżnicowanie składu gatunkowego zbiorowisk chwastów na gruntach ornych wynikają prawdopodobnie z różnej intensywności stosowanych zabiegów w badaniach poszczególnych autorów. Wyniki badań własnych potwierdzają w dużej mierze rezultaty uzyskane przez Barberiego i in. (1997) oraz Douceta i in. (1999), w których chemiczna regulacja zachwaszczenia miała zdecydowanie większy wpływ na liczebność chwastów (37,9%) niż zmianowanie (5,5%). Według Armengot i in. (2012), spośród różnych zmiennych agrotechnicznych herbicydy w największym stopniu wpływały na bogactwo chwastów w gospodarstwach o różnej intensywności gospodarowania. Badania Cirujedy i in. (2011) wykazały, że w warunkach rolnictwa Hiszpanii o zróżnicowaniu zbiorowisk chwastów decydowało nawadnianie i stosowanie herbicydów. Według Murphy i Lemerle (2006), powszechne wykorzystanie chemicznej regulacji zachwaszczenia w największym stopniu wpływa na zmiany w zbiorowiskach chwastów, łącznie z selekcją biotypów odpornych. Marshall i in. (2003) dowodzą, że stosując herbicydy o szerokim spektrum działania, eliminujemy coraz więcej gatunków z pól. Preparaty chemiczne stosowane w rolnictwie angielskim w 1970 r. zwalczały średnio 22, a w 1995 r. już 38 gatunków chwastów. Analiza kanoniczna przeprowadzona przez Storkeya i in. (2012) dla 29 krajów Europy wykazała, że zmienność liczby gatunków flory segetalnej zagrożonych wyginięciem była w największym stopniu objaśniana przez dawki nawozów mineralnych i ilość stosowanych herbicydów. Również w badaniach Gabriela i in. (2005) nawożenie mineralne azotem było istotnie ujemnie skorelowane z bogactwem gatunkowym flory.

Według niektórych autorów stosowanie herbicydów nie zmienia składu gatunkowego zbiorowisk, jedynie liczebność niektórych gatunków (Derksen 1995, Heller i Adamczewski 2002, Hyvönen i in. 2003, Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. 2004). Zdaniem tych autorów uprawom rolniczym towarzyszą względnie stałe gatunkowo zbiorowiska chwastów, na liczbę których niewielki wpływ ma intensyfikacja rolnictwa i nie należy obawiać się, że chemiczne zwalczanie chwastów spowoduje zubożenie gatunkowe agrofitycenozy.

Wpływ zmianowania na zachwaszczenie zależy między innymi od długości rotacji, doboru gatunków roślin oraz stopnia zróżnicowania zabiegów agrotechnicznych stosowanych w uprawianych roślinach (Doucet i in. 1999, Eyre i in. 2011). Badania Barberi i in. (1997) wykazały, że głównym czynnikiem różnicującym zbiorowiska

chwastów w uprawie pszenicy ozimej były stosowane herbicydy oraz nawożenie, a efekt zmianowania ujawnił się tylko w systemie niskonakładowym. W warunkach ekstensywnego rolnictwa w Finlandii zmianowanie miało większy wpływ na skład gatunkowy zbiorowisk niż stosowanie herbicydów (Hyvönen i in. 2003, Hyvönen 2007). W badaniach Anderssona i Milberga (1998) najważniejszym czynnikiem różnicującym zbiorowiska chwastów był gatunek rośliny uprawnej i następstwo roślin, a mały wpływ miało stosowanie nawożenia mineralnego.

Wielu autorów podkreśla znaczenie płodozmianu jako czynnika stabilizującego w stosunku do zbiorowisk chwastów i sprzyjającego utrzymaniu większej różnorodności gatunkowej (Łęgowiak i in. 1987, Zawisłak i Adamiak 1994, Wojciechowski i Zawieja 2007, Adamczewski i Dobrzański 2008, Fried i in. 2008). Upraszczenie struktury zasiewów, charakterystyczne dla systemu konwencjonalnego, prowadzi do specjalizacji zbiorowisk chwastów i wzrostu ich liczebności. Zmianowanie może być narzędziem wspomagającym regulację zachwaszczenia, poprzez zabezpieczenie przed dominacją uciążliwych gatunków chwastów. Z drugiej strony, wielogatunkowe zmianowanie faworyzuje taksony, które mogą rosnąć w szerokim zakresie warunków agrotechnicznych, czego rezultatem są zbiorowiska bogate w gatunki uniwersalne, które w badaniach Frieda i in. (2008) oraz własnych zajmują centralną część diagramu sporządzonego technikami ordynacji bezpośredniej.

Znaczenie flory segetalnej w agroekosystemach może być dwojakie: z jednej strony zwiększa ogólną bioróżnorodność, a z drugiej może być czynnikiem ograniczającym plonowanie roślin uprawnych. W proekologicznych systemach gospodarowania naczelną zasadą ograniczania zachwaszczenia jest zwiększanie konkurencyjności ładu w stosunku do chwastów. Regulacja zachwaszczenia powinna polegać nie na całkowitej eliminacji chwastów z ładu, ale ograniczeniu liczebności do poziomu niepowodującego istotnej obniżki plonu (Duer 1996b, Adamczewski i Dobrzański 1997, Gerowitt 2003, Domaradzki 2007, Armengot i in. 2012). Według Trzcíńskiej-Tacik (2003b), większa różnorodność gatunkowa flory segetalnej, przy niezbyt dużej liczebności, sprzyja lepszemu i bardziej stałemu plonowaniu roślin uprawnych. Wysoki wskaźnik dominacji związany z małą różnorodnością zbiorowiska i przewagą liczebną jednego lub kilku gatunków chwastów może świadczyć o większej szkodliwości zachwaszczenia niż w przypadku zbiorowiska składającego się z dużej liczby niezbyt często występujących gatunków. Zdaniem Stupnickiej-Rodzinkiewicz i in. (2004), o konkurencyjności i szkodliwości chwastów decyduje nie liczba gatunków, ale łączna ich liczebność i masa. Potwierdzają to badania Wanic i in. (2005), w których wykazano związek między plonowaniem owsa a liczebnością i udziałem dominujących taksonów. Według Tschardtke i in. (2005), zmniejszenie bioróżnorodności może wpływać niekorzystnie na funkcje ekosystemów, a w konsekwencji na plon, poprzez oddziaływanie na równowagę biologiczną.

Wyniki badań własnych przeprowadzonych w cyklu 16-letnim wykazały, że w pięciu latach liczebność chwastów w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym nie przekroczyła  $60 \text{ roślin} \cdot \text{m}^{-2}$ , a w ośmiu –  $100 \text{ roślin} \cdot \text{m}^{-2}$ .



Wcześniejsze badania prowadzone na tym obiekcie oraz obserwacje innych autorów wskazują, że taki poziom zachwaszczenia nie musi być czynnikiem ograniczającym plonowanie zbóż (Kapeluszny 1994, Kuś i in. 2010, Feledyn-Szewczyk 2009 i 2012). Średni plon ziarna pszenicy ozimej w systemie ekologicznym wyniósł 3,9 t·ha<sup>-1</sup> i był niewiele mniejszy od plonu w monokulturze (4,5 t·ha<sup>-1</sup>), uzyskiwanego w warunkach dużego zużycia przemysłowych środków produkcji. Najwyższy plon ziarna uzyskano w systemie integrowanym – około 6 t·ha<sup>-1</sup>, nieco mniejszy w systemie konwencjonalnym – 5,6 t·ha<sup>-1</sup> (Feledyn-Szewczyk 2003, Kuś i Mróz 2000, Kuś i in. 2010). W badaniach Tyburskiego i Rychcika (2007) plon pszenicy ozimej w gospodarstwie ekologicznym wyniósł 4,27 t·ha<sup>-1</sup>, a w gospodarstwie konwencjonalnym 5,63 t·ha<sup>-1</sup>. Autorzy ci wskazują na możliwość utrzymania zachwaszczenia zbóż w gospodarstwach ekologicznych na poziomie niepowodującym istotnego spadku plonu, dzięki stosowaniu regularnego, poprawnego płodozmianu, opóźnianiu terminu siewu, zwiększaniu ilości wysiewu, utrzymaniu dobrej struktury gleby, o dużej zawartości substancji organicznej. Analiza wykonana przez Seufert i in. (2012) wykazała, że plony roślin w systemie ekologicznym są od 5 do 34% mniejsze niż w konwencjonalnym, przy czym różnice zależą od gatunku rośliny uprawnej, typu gleby, nawożenia, poziomu agrotechniki, rozwoju gospodarczego kraju. Zdaniem autorów tych badań, przy zachowaniu poprawnej agrotechniki, w niektórych typach upraw plony roślin w systemie ekologicznym mogą być zbliżone do uzyskiwanych w systemie konwencjonalnym.

Zachwaszczenie jest tylko jednym z potencjalnych czynników ograniczających plony zbóż w systemie ekologicznym, obok porażenia roślin przez patogeny chorobotwórcze (Kuś i Mróz 2000) i gorszego zaopatrzenia roślin w azot (Stalenga i in. 2004). Wyniki badań innych autorów potwierdzają, że uprawa zbóż w monokulturze prowadzi do zmniejszenia produktywności uprawianych roślin poprzez wzrost zachwaszczenia (Pawłowski i in. 1987, Pawłowski i Wesołowski 1988, Adamiak 1992, Zawisłak i Adamiak 1994, Kwiatkowski i in. 2004, Kwiatkowski 2009) oraz porażenie roślin przez patogeny powodujące choroby podstawy źdźbła (Gawrońska-Kulesza i in. 1988, Kuś i Mróz 2000).

Wyniki badań własnych wykazały, że integrowany system gospodarowania był bardzo efektywny w ograniczaniu liczebności chwastów w uprawach pszenicy ozimej i jarej, jak również zapewniał wysokie plony (Feledyn-Szewczyk 2003 i 2012). Porównanie systemu konwencjonalnego i różnych wariantów systemu integrowanego przeprowadzone przez Gerowitt (2003) dowiodło, że najbardziej skuteczny w ograniczaniu zachwaszczenia uprawy pszenicy ozimej był wariant systemu integrowanego z rozbudowanym zmianowaniem i orkową uprawą roli, który pozwolił ograniczyć intensywność stosowania herbicydów. System integrowany z uproszczoną uprawą roli sprzyjał zwiększaniu liczebności chwastów oraz dominacji niektórych gatunków w zbiorowisku, mimo stosowania większych dawek herbicydów. Albrecht i Mattheis (1998) wykazali, że metody agrotechniczne mogą być efektywnym narzędziem regulacji zachwaszczenia w rolnictwie ekologicznym, a połączenie metod agrotechnicznych

z uzupełniającym stosowaniem herbicydów może być skuteczną strategią dla gospodarstw konwencjonalnych, które chcą wdrażać bardziej przyjazne dla środowiska metody produkcji rolnej.

Ze względu na bogactwo nasion chwastów w glebowym banku, wysoki współczynnik rozmnażania, nierównoczesność kiełkowania i długowieczność nasion oraz plastyczność w przystosowywaniu się do zmiennych warunków środowiska nie ma jednej skutecznej metody regulacji zachwaszczenia. Strategie regulacji zachwaszczenia powinny być kompleksowe, uwzględniające nie tylko doraźne, bezpośrednie metody walki z chwastami w łanie, ale także metody agrotechniczne o charakterze profilaktycznym, co pozwoli uzyskać wysoką skuteczność i ograniczyć negatywny wpływ na środowisko i bioróżnorodność (Duer 1996b, Anderson 2007, Duer i Feledyn-Szewczyk 2008).

## 5.2. ODDZIAŁYWANIE SYSTEMÓW GOSPODAROWANIA NA SKŁAD GATUNKOWY ZBIOROWISK CHWASTÓW

W zbiorowiskach chwastów towarzyszących roślinom uprawianym w analizowanych systemach gospodarowania występowało wiele gatunków wspólnych, do których należały: *Chenopodium album*, *Viola arvensis*, *Galium aparine*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Elymus repens*, *Apera spica-venti* i *Echinochloa crus-galli*. O dużym podobieństwie w składzie gatunkowym zbiorowisk świadczą wysokie wartości jakościowego wskaźnika podobieństwa Sorensena oraz wyniki analiz ordynacyjnych. Na diagramach porządkujących gatunki chwastów w zbiorowiskach występujących w uprawie pszenicy ozimej, sporządzonych metodą DCA, wiele taksonów grupowało się w środkowej części wykresu, blisko początku osi kanonicznych, co według Zanina i in. (1997) oznacza, że ich występowanie nie było związane z określonym typem gospodarowania. Występowanie tych gatunków jest względnie stałe i odpowiadają one za wysokie wartości indeksu podobieństwa Sorensena.

Wyniki badań innych autorów potwierdzają podobieństwo składu gatunkowego zbiorowisk chwastów w uprawie zbóż ozimych, niezależnie od poziomu agrotechniki, przy czym gatunkami najczęściej wymienianymi są: *Apera spica-venti*, *Viola arvensis* i *Stellaria media* (Deryło i Szymankiewicz 2003, Kwiatkowski i in. 2004, Sekutowski i Domaradzki 2009). W badaniach Hyvönena i in. (2003) oraz Armengot i in. (2012) kilka takich samych gatunków dominowało w łanach zbóż uprawianych zarówno w systemie ekologicznym, jak i konwencjonalnym. Rezultaty badań Hyvönena i in. (2003) wykazały, że spośród 61 gatunków występujących w gospodarstwach ekologicznych, tylko 14 nie występowało w uprawach w systemie konwencjonalnym. Z badań Andreasena i in. (1996) przeprowadzonych w Danii wynika, że po 20 latach intensywnego gospodarowania, w zbiorowiskach segetalnych dominowały te same gatunki, które występowały w latach 60.: *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album*, *Elymus repens*, *Myosotis arvensis*, *Poa annua*, *Polygonum avicu-*

*lare*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum persicaria*, *Stellaria media*, *Veronica persica* i *Viola arvensis*. Podobnych wyników dostarczają badania Baessler i Klotza (2006), którzy stwierdzili, że na gruntach ornym w Niemczech takie same taksony dominowały przed i po okresie intensyfikacji rolnictwa, tj.: *Stellaria media*, *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum aviculare* i *Galium aparine*, choć ich udział ilościowy uległ zmianie.

Wyniki badań własnych wykazały, że oceniane systemy gospodarowania wpływały w większym stopniu na zmiany ilościowe niż jakościowe zbiorowisk segetalnych, o czym świadczą wartości wskaźników podobieństwa Sorensena. Większe podobieństwo jakościowe niż ilościowe stwierdziła także Kostrzewska i in. (2011), porównując zbiorowiska segetalne w fitocenozach jęczmienia jarego z wsiewką życicy wielokwiatowej i w siewie czystym oraz po różnych przedplonach. Dużym podobieństwem cechowały się zbiorowiska chwastów występujące w bobiku uprawianym w różnych zmianowaniach (Jastrzębska i in. 2007) oraz w uprawie zbóż wysiewanych po różnych przedplonach (Wanic i in. 2005). Zbieżne wyniki na ten temat uzyskali także Zanin i in. (1997) w badaniach nad dynamiką zachwaszczenia w różnych systemach uprawy roli oraz Odum i in. (1994) na polach różniących się intensywnością produkcji. Potwierdzają to również wieloletnie badania Roli (2002) nad dynamiką występowania chwastów w agrocenozach, z których wynika, że zmiany jakościowe obserwowane są bardzo rzadko, zaś częściej zachodzą zmiany ilościowe.

Wpływ czynników agrotechnicznych na zbiorowiska chwastów należy rozpatrywać nie tylko na podstawie liczebności gatunków dominujących, ale także gatunków rzadko występujących, które mogą być traktowane jako „wskaźnikowe”. Zdaniem Albrechta (2003), ogólna liczba gatunków nie powinna być jedyną miarą bioróżnorodności, ponieważ niektóre uciążliwe gatunki o szerokim spektrum występowania, np. *Elymus repens* i *Galium aparine*, nie mają takiej wartości dla funkcjonowania ekosystemów, jak inne, mniej liczne, np.: *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus*, *Sinapis arvensis*, *Tripleurospermum inodorum* i *Chamomilla recutita*. W zbiorowiskach chwastów zwykle dominuje kilka gatunków, a szereg pozostałych występuje sporadycznie. W badaniach Krawczyka (2005) spośród 35 gatunków chwastów oznaczonych w zbożach jarych 17% zaliczono do częstych (m.in. *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album*, *Stellaria media* i *Viola arvensis*), 9% do średnio częstych, a pozostałe występowały sporadycznie. W badaniach Cirujedy i in. (2011) przeprowadzonych w Hiszpanii na 138 polach zbóż ozimych, spośród 175 rejestrowanych gatunków aż 85% stanowiły rzadkie, spotykane tylko na około 10% pól. Według Albrechta (2003), wrażliwość niektórych gatunków chwastów na intensyfikację rolnictwa wskazuje na ich przydatność jako organizmów wskaźnikowych (indykatorów) do szacowania wpływu stosowanych praktyk rolniczych na bioróżnorodność agroekosystemów.

Zbiorowiska segetalne w badanych systemach gospodarowania różniły się udziałem poszczególnych gatunków. W systemie ekologicznym w uprawie pszeni-

cy ozimej wystąpiły w największym nasileniu gatunki chwastów wrażliwe na herbicydy, takie jak: *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Fallopia convolvulus* i *Veronica persica*, których liczebność była dużo mniejsza na obiektach traktowanych herbicydami. Badania Hyvönena i in. (2003) oraz Baessler i Koltza (2006) potwierdziły również spadek liczebności *Stellaria media* i *Chenopodium album* w warunkach intensywnego gospodarowania. Zmniejszanie się liczebności tych gatunków oraz innych z rodzin: komosowate, rdestowate i prosowate na obszarach intensywnie użytkowanych rolniczo ogranicza bazę żywnościową dla ptaków i bezkręgowców oraz pogarsza ogólną bioróżnorodność agroekosystemów (Gerowitt i in. 2003, Marshall i in. 2003, Hyvönen 2007).

Jak wykazały badania własne, w systemie ekologicznym czynnikiem decydującym o różnorodności zbiorowisk było zmianowanie. Rośliny motylkowate z trawami, użytkowane dwa lata, wzbogaciły florę o gatunki wieloletnie, łąkowe i ruderalne, takie jak: *Rumex acetosa*, *Taraxacum officinale*, *Plantago major*, *Potentilla anserina* i *Lactuca serriola*. Więcej gatunków z rodzaju *Rumex* zaobserwował także van Elsen (2000) na polach gospodarstw ekologicznych w Niemczech, co wiązało z uprawą w zmianowaniu wieloletnich roślin pastewnych. Gatunkami typowymi dla systemu ekologicznego, które nie wystąpiły w innych badanych obiektach, były: *Thlaspi arvense*, *Vicia hirsuta*, *Lamium amplexicaule*, *Medicago sativa*, *Sinapis arvensis* i *Plantago major*. Ponadto w większej liczebności wystąpiły w uprawie ekologicznej: *Papaver rhoeas*, *Myosotis arvensis*, *Fallopia convolvulus*, *Lapsana communis*, *Polygonum aviculare* i *Vicia cracca*, podczas gdy w pozostałych systemach gospodarowania gatunki te spotykano sporadycznie.

Analiza kanoniczna wykazała, że z integrowanym systemem gospodarowania związana była *Fumaria officinalis* towarzysząca uprawie roślin strączkowych oraz *Amaranthus retroflexus* występujący w uprawie ziemniaka. Z intensywnymi systemami gospodarowania w dużym stopniu skorelowane było występowanie *Galinsoga parviflora* i *Erodium cicutarium*, czyli gatunków dobrze znoszących wyższe dawki nawożenia mineralnego.

Na obiektach traktowanych herbicydami, zwłaszcza w systemie konwencjonalnym i monokulturze, większy był udział *Viola arvensis*, czego przyczyną mogła być tolerancja tego gatunku na większość stosowanych herbicydów oraz możliwość wschodów po zastosowaniu herbicydu, ze względu na krótki cykl rozwojowy (Erviö 1981, Hyvönen i in. 2003, Milberg i Hallgren 2004). Na związek *Viola arvensis* z intensywnymi systemami gospodarowania zwraca uwagę wielu autorów (Hyvönen i in. 2003, Trześcińska-Tacik 2003a, Owczarczuk i in. 2005, Sekutowski i Domaradzki 2009). Według Dobrzańskiego i Adamczewskiego (2009), zastosowanie herbicydu niezwalczającego określonego gatunku chwastu może prowadzić do ograniczenia bioróżnorodności do 1–2 taksonów, które ze względu na brak konkurencji są bardziej szkodliwe w stosunku do rośliny uprawnej niż wielogatunkowe zbiorowisko chwastów.

Charakterystyczne dla monokultury pszenicy ozimej było liczne występowanie *Viola arvensis* i *Apera spica-venti* oraz sporadyczne *Erodium cicutarium*. Liczeb-

ność *Apera spica-venti* utrzymywała się na wysokim poziomie, mimo stosowania selektywnych preparatów zwalczających chwasty jednoliścienne. Wyniki wielu badań potwierdzają, że specjalistyczne płodozmiany zbożowe, a zwłaszcza jednogatunkowe monokultury, prowadzą do dominacji w zbiorowiskach chwastów jednoliściennych, które charakteryzują się podobnymi cechami morfologicznymi i rytmem rozwojowym, jak zboża (Pawłowski i in. 1987, Pawłowski i Wesołowski 1988, Adamiak 1992, Zawiślak i Adamiak 1994, Kwiatkowski i in. 2004, Murphy i Lemerle 2006, Kwiatkowski 2009). W badaniach Jakubiak i Adamczewskiego (2007) *Viola arvensis* i *Apera spica-venti* były dominującymi gatunkami w łanie zbóż ozimych uprawianych w intensywny sposób, a ich udział w zbiorowiskach segetalnych w pszenicy ozimej wynosił odpowiednio: 32 i 25%. W badaniach Wojciechowskiego i Zawiei (2007) udział tych dwóch gatunków był wyraźnie wyższy w monokulturach zbożowych w porównaniu z płodozmiannem z udziałem okopowych i przekraczał 80%.

Postępująca specjalizacja we współczesnym rolnictwie prowadzi do częstego następstwa tych samych roślin po sobie, a w konsekwencji do upraszczania zbiorowisk chwastów, z wyraźną dominacją kilku gatunków. W badaniach Sekutowskiego i Domaradzkiego (2009), niezależnie od sposobu uprawy roli, tylko 5 gatunków (*Apera spica-venti*, *Viola arvensis*, *Centaurea cyanus*, *Anthemis arvensis* i *Papaver rhoeas*) odgrywało zasadniczą rolę w tworzeniu zbiorowisk chwastów w monokulturze pszenicy ozimej. Obserwacje Jędruszczak i Antoszek (2004) wykazały, że w monokulturze pszenicy ozimej trzon zachwaszczenia ładu tworzyło tylko 6–7 gatunków chwastów, wśród których najliczniej występowała *Apera spica-venti*. Dominację tego gatunku na poziomie 81–93% stwierdzali także Deryło i Szymankiewicz (2003) w monokulturze pszenżyta ozimego oraz Krawczyk i in. (2010) w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie konwencjonalnym.

Analiza zmian w zbiorowiskach chwastów towarzyszących pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej, na przestrzeni 16 lat badań, wykazała, że w pierwszym roku gatunkiem dominującym była *Chenopodium album* (ponad 290 roślin·m<sup>-2</sup>), co mogło być spowodowane zaprzestaniem stosowania herbicydów, przy dużych jeszcze zasobach azotu w glebie. W kolejnych latach badań zaobserwowano spadek liczebności gatunków nitrofilnych: *Chenopodium album* oraz *Galium aparine*, co można wiązać z mniejszą dostępnością azotu w tym systemie gospodarowania. Van Elsen (2000) obserwował takie zjawisko (najpierw gwałtowny wzrost, a następnie spadek liczebności) w stosunku do *Galium aparine*. Od 1998 r. w zbiorowiskach segetalnych towarzyszących pszenicy zaczęły pojawiać się gatunki chwastów z rodziny motylkowatych, zdolnych do symbiotycznego wiązania azotu, jak: *Vicia cracca* oraz *Vicia hirsuta*. Badania innych autorów potwierdzają, że w uprawach ekologicznych, ze względu na niedobór azotu, zmniejsza się konkurencyjność gatunków azotolubnych, m.in. *Chenopodium album*, a wzrasta znaczenie gatunków samozaopatrujących się w azot (Janczak-Tabaszewska i Tyburski 1999, Kapeluszný i Haliniar 2000, Tyburski i Rychcik 2007). W kolejnych latach badań pojawiły się też gatunki, które

nie wystąpiły w tym systemie na początku okresu badawczego: *Papaver rhoeas*, *Apera spica-venti* i *Veronica persica*. Ponadto zwiększyła się liczebność *Stellaria media*, *Capsella-bursa pastoris* i *Fallopia convolvulus*. Według van Elsen (2000), częste bronowanie w systemie ekologicznym może pobudzać do kiełkowania i sprzyjać występowaniu gatunków krótkotrwałych, takich jak *Stellaria media* czy *Veronica persica*, a zwiększona liczba mechanicznych zabiegów pielęgnacyjnych może faworyzować gatunki dobrze znoszące zagęszczenie gleby, m.in. *Poa annua* i *Plantago major*.

Do gatunków rzadkich, występujących sporadycznie w zbiorowiskach segetalnych w ocenianych systemach gospodarowania, można zaliczyć *Anagallis arvensis*, który był obserwowany w systemie konwencjonalnym tylko w pierwszym roku badań. Jest to gatunek wrażliwy na herbicydy, duży spadek jego liczebności pod wpływem intensywnej chemicznej regulacji zachwaszczenia prowadzonej w Danii na przestrzeni 20 lat obserwowali m.in. Andreasen i in. (1996).

Niektórzy autorzy wskazują na zmiany jakościowe w zbiorowiskach chwastów, zachodzące pod wpływem intensyfikacji gospodarowania, w kierunku zmniejszenia ogólnej liczby gatunków chwastów oraz dominacji nielicznej grupy taksonów (Albrecht 1995). Do homogenizacji flory w największym stopniu przyczynia się stosowanie dużych dawek nawozów mineralnych i herbicydów, a także zmianowanie. Zdaniem Baessler i Klotza (2006), towarzyszy temu zanik gatunków rzadkich związanych z konkretnymi siedliskiem, tj.: *Lithospermum arvense*, *Sinapis arvensis* i *Consolida regalis*, których miejsce zajmują gatunki uniwersalne, jak *Stellaria media*, *Chenopodium album* i *Galium aparine*. Zjawiska te znajdują potwierdzenie także w badaniach krajowych. Trzcńska-Tacik (2003a), która obserwowała zmiany we florze chwastów polnych w Polsce w latach 1979–2002, zauważyła, że nie zmieniła się stałość występowania *Viola arvensis* i *Centaurea cyanus* oraz gatunków o szerokiej skali ekologicznej – *Agropyron repens* i *Equisetum arvense*, natomiast zwiększyła się stałość występowania *Amaranthus retroflexus* oraz gatunków z rodzaju *Galinsoga*. Autorka zaobserwowała ustępowanie *Anagallis arvensis* i *Sinapis arvensis*, skutecznie ograniczanych herbicydami oraz innych gatunków rzadkich, typowych dla określonych siedlisk, np. kserofilnego i termofilnego *Consolida regalis* i acidofilnego *Scleranthus annuus*. Korniak i Hołdyński (1994) stwierdzili stopniowe ubożenie i ujednolicanie flory w północno-wschodniej części Polski, przy równoczesnym wzroście liczebności najbardziej agresywnych dominantów. Latowski (2002) zaobserwował wzrost częstotliwości występowania gatunków tolerujących antropopresję, które preferują wysoki poziom nawożenia lub mają predyspozycje tworzenia biotypów odpornych na herbicydy, między innymi *Alopecurus myosuroides* i *Galium aparine*.

Obserwacje niektórych autorów wskazują, że zachowaniu rzadkich gatunków, zagrożonych wyginięciem, sprzyja rozwój rolnictwa ekologicznego (Frieben i Köpke 1995, Albrecht i Mattheis 1998, van Elsen 2000, Hyvönen i in. 2003, Dąbkowska i in. 2007, Tyburski i Rychcik 2007). Van Elsen (2000) stwierdził spo-

radyczne występowanie na polach gospodarstw ekologicznych w Niemczech takich gatunków, jak: *Centaurea cyanus*, *Silene noctiflora* i *Chrysanthemum segetum*, podczas gdy nie występowały one w gospodarstwach konwencjonalnych. Hyvönen i in. (2003) zwracali uwagę na wrażliwość *Centaurea cyanus* na herbicydy i wysokie dawki nawożenia mineralnego oraz na znaczenie gospodarstw ekologicznych jako ostoi tego gatunku. W badaniach własnych *Centaurea cyanus* występował w systemie ekologicznym w łańcach wszystkich roślinach uprawnych, z wyjątkiem uprawy ziemniaka i koniczyn z trawami w drugim roku użytkowania, a spośród innych systemów tylko w uprawie rzepaku i sporadycznie w monokulturze pszenicy ozimej.

Zmiana składu gatunkowego i poprawa różnorodności biologicznej agrofitytocenoz wymaga długiego okresu i nie następuje zaraz po przejściu z uprawy tradycyjnej na ekologiczną (Hyvönen 2007). Według Hyvönera i in. (2003), efekt w postaci zwiększenia liczby chwastów był widoczny już w pierwszych latach po przestawieniu gospodarowania na system ekologiczny, ale zmiany w składzie gatunkowym wymagały dłuższego czasu prowadzenia gospodarstwa w tym systemie. Hyvönen (2007), porównując florę towarzyszącą zbożom jarym w Finlandii w latach 1961–1964 (w okresie niestosowania herbicydów) i w latach 1997–1999 (w 4–5-letnich gospodarstwach ekologicznych), stwierdził, że spośród 41 analizowanych gatunków 8 zmniejszyło, a 30 zwiększyło swoją częstotliwość występowania lub pozostała ona na podobnym poziomie jak w latach 60., natomiast 3 gatunki nie pojawiły się na polach gospodarstw ekologicznych. Zdaniem tego autora, kilku-, a nawet kilkunastoletni okres użytkowania gruntów w systemie ekologicznym nie zawsze jest wystarczający do odtworzenia składu gatunkowego sprzed okresu intensywnego gospodarowania, zwłaszcza taksonów wieloletnich oraz związanych z siedliskami ubogimi w azot.

Badania własne wykazały, że w systemie ekologicznym, oprócz gatunków o dużej konkurencyjności w stosunku do roślin uprawnych, występowały liczniej niż w pozostałych obiektach gatunki stanowiące miejsce bytowania lub pokarm dla zwierząt. Spośród opisanych przez Marshalla i in. (2003) 32 gatunków powszechnie występujących na gruntach ornych tylko dwa: *Galium aparine* i *Avena fatua* były bardzo groźne dla plonowania roślin, natomiast pozostałe (m.in. *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Stellaria media*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Fallopia convolvulus*, *Rumex obtusifolius*, *Senecio vulgaris*, *Sinapis arvensis*, *Lamium purpureum*, *Sonchus arvensis* i *Tripleurospermum inodorum*) spełniały szereg funkcji ekosystemowych. Utrzymywanie się tych gatunków, odznaczających się umiarkowaną konkurencyjnością, w zbiorowiskach towarzyszących uprawom w systemie ekologicznym pozwala przypuszczać, że w większym stopniu niż w pozostałych systemach gospodarowania jest zachowana równowaga różnorodności biologicznej. Według Valone i Hoffmana (2003), większa bioróżnorodność fitocenozy upraw jednorocznych zwiększa stabilność agroekosystemu.

W ostatnich latach znaczące miejsce w literaturze zajmują tzw. „ecosystem services”, czyli „świadczenia ekosystemowe” (Tschardtke i in. 2005, Dąbrowski

i Wysocki 2009, Rosin i in. 2011). Rodzaj usług świadczonych przez gatunki roślin występujące w agrocenozach jest bardzo zróżnicowany – od dostarczania pokarmu dla zwierząt i zapewniania siedliska dla zapylaczy, po uczestnictwo w obiegu składników pokarmowych oraz inne ważne, nie zawsze poznane funkcje (Hyvönen i Huusela-Veistola 2008, Hillebrand i Matthiessen 2009, Karley i in. 2011). Znaczenie wielu rzadkich gatunków jest trudne do ustalenia i oszacowania, chociaż zwykle stanowią one 30–50% całego zbiorowiska flory, a ich występowanie może być niekiedy ważniejsze dla funkcjonowania ekosystemu niż kilku gatunków o dużej liczebności (Tschamtko i in. 2005). Według Marshalla i in. (2003), pewne gatunki są bardziej cenne dla zachowania ogólnej bioróżnorodności flory i fauny niż inne, np.: *Poa annua* i *Polygonum aviculare* w porównaniu z *Alopecurus myosuroides* i *Veronica persica*, co powinno być uwzględniane w strategiach regulacji zachwaszczenia. Zdaniem Rosin i in. (2011), w kontekście „świadczeń ekosystemowych” na uwagę zasługują gatunki z grupy archeofitów, np. *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus*, *Agrostemma githago* i *Chamomilla recutita*, których liczebność wpływa pośrednio na różnorodność innych organizmów, przede wszystkim owadów i ptaków związanych z agroekosystemami. Gatunki rzadkie są szczególnie wrażliwe na intensyfikację rolnictwa i powinny być przedmiotem specjalnej ochrony i działań na rzecz zachowania bioróżnorodności w agroekosystemach (José-Maria i in. 2010).

Według Storkeya i in. (2012), gatunkami najbardziej zagrożonymi wyginięciem są te, które towarzyszą uprawom coraz rzadziej występującym w krajobrazie rolniczym, jak len, konopie, niektóre rośliny strączkowe, oraz związane z siedliskami oligotroficznymi, które z uwagi na ich małą żyzność są porzucane przez rolników, odłogowane albo zalesiane. Istnieje zatem pilna potrzeba wdrożenia odpowiednich instrumentów, które przyczynią się do zachowania rzadkich, zagrożonych gatunków flory, związanych z gruntami rolnymi, w skali Europy.

Zdaniem Smitha i in. (2010), jest mało prawdopodobne, aby programy o tak ogólnym zakresie działań, jak rolnictwo ekologiczne chroniły zagrożone gatunki roślin, z wyjątkiem niektórych. Rolnictwo ekologiczne może sprzyjać występowaniu rozpowszechnionych gatunków, które dostarczają podstawowych „świadczeń ekosystemowych”. Według José-Maria i in. (2010), dla zachowania bioróżnorodności w agroekosystemach konieczne jest przeciwdziałanie intensyfikacji rolnictwa na poziomie pola i w skali krajobrazu. Polityka rozwoju obszarów wiejskich powinna wspierać niskonakładowe systemy produkcji rolnej, ale również inne, bardziej ukierunkowane programy działań dla zachowania gatunków rzadkich, np. zmniejszenie intensywności gospodarowania w strefie brzegowej pola. Ważnym instrumentem zachowania bioróżnorodności agroekosystemów są programy rolnośrodowiskowe, które zawierają pakiety działań na rzecz ochrony cennych siedlisk przyrodniczych (Przewodnik...2009). Utrzymaniu i zwiększeniu bioróżnorodności sprzyja także rozwijanie sieci Natura 2000, w ramach której funkcjonują tzw. specjalne obszary ochrony siedlisk z określonymi planami zadań ochronnych.



### 5.3. WPŁYW UPRAWY ROŚLIN NA CELE ENERGETYCZNE NA RÓŻNORODNOŚĆ FLORY TOWARZYSZĄCEJ

Uprawa roślin wieloletnich na cele energetyczne może przyczyniać się do wzbogacania krajobrazu i różnicowania siedlisk, ze względu na odmienną architekturę i budowę ich ładu w porównaniu z typowymi uprawami rolniczymi. Dywersyfikacja i wprowadzanie na tereny rolnicze nowych gatunków roślin stwarza siedliska dla różnych gatunków flory i fauny, w tym także zagrożonych wyginięciem, i może być alternatywnym sposobem zwiększania bioróżnorodności na obszarach rolniczych. Według Sage (1998), ma to szczególne znaczenie w rejonach o małej różnorodności. Plantacje takie wykazują jednak większe zapotrzebowanie na wodę niż tradycyjne rośliny uprawne, co może powodować zmianę warunków siedliska wpływających na bioróżnorodność (Sage i in. 1994, Britt 2003, EEA 2006, Faber 2008). Mniejsze zużycie chemicznych środków produkcji w wieloletnich uprawach na cele energetyczne, w porównaniu z jednorocznymi uprawami rolniczymi na gruntach ornych, zmniejsza zagrożenie zanieczyszczenia wód i gleby oraz służy utrzymaniu zdrowotności i stabilności całego ekosystemu (Sage 1998, Börjesson 1999). W opinii Kovacs-Lang i Simpson (2000) oraz autorów realizowanych wcześniej projektów badawczych (Britt 2003, Cunningham i in. 2004) monitoring wieloletnich plantacji powinien uwzględniać ich położenie w szerszym krajobrazie rolniczym i porównanie bioróżnorodności z sąsiadującymi uprawami rolniczymi, co było jednym z celów niniejszej pracy.

Wyniki badań własnych wykazały, że najlepsze siedlisko dla różnorodności gatunkowej flory segetalnej stwarza uprawa roślin z grupy drzew i krzewów, a następnie traw wieloletnich, z wyjątkiem mozgi trzcinowatej. Najuboższe pod względem różnorodności i liczebności flory były uprawy bylin – ślazuwca pensylwańskiego i topinamburu. Roślinom uprawianym na cele energetyczne towarzyszyło ogółem 68 gatunków chwastów, których liczebność wyniosła średnio  $70 \text{ roślin} \cdot \text{m}^{-2}$ , a uprawom rolniczym w różnych systemach gospodarowania – 54 gatunki, przy średniej liczebności  $30 \text{ roślin} \cdot \text{m}^{-2}$ . Uprawy roślin na cele energetyczne z grupy drzew i krzewów oraz traw wieloletnich, pod względem bogactwa występujących gatunków roślin oraz ich liczebności były zbliżone do zbiorowisk segetalnych na polach systemu ekologicznego, co potwierdziły wartości wskaźników podobieństwa Sorensena. Może to wynikać z wyeliminowania w ich uprawie herbicydów, podobnie jak w systemie ekologicznym. Flora towarzysząca uprawom na cele energetyczne była najmniej podobna pod względem jakościowym i ilościowym do zbiorowisk chwastów w monokulturze pszenicy ozimej.

Wyniki 4-letniego monitoringu prowadzonego przez Cunningham i in. (2004) na plantacjach wierzby w Wielkiej Brytanii potwierdzają większe o 27% bogactwo gatunkowe w uprawie wierzby (133 gatunki) w porównaniu z sąsiadującymi gruntami ornymi (97 gatunków), jak również większy stopień pokrycia przez chwasty. Według tych autorów, pola uprawne w systemach konwencjonalnym i integrowanym stanowiły gorsze siedlisko dla różnorodności flory niż wierzba, ze względu na liczbę

wykonywanych na nich zabiegów agrotechnicznych. Bogactwu roślin występującemu w uprawie wierzby dorównywał jedynie system ekologiczny. Podobnych wyników dostarczają badania prowadzone w Szwecji przez Börjessona (1999), w których oznaczono o ponad 50% więcej gatunków roślin (w tym rzadko obserwowanych) na plantacjach wierzby niż w uprawie zbóż. Na dużą różnorodność gatunkową flory towarzyszącej wierzbie, uprawianej na dużych produkcyjnych plantacjach (często ponad 100 ha), zwracają uwagę także inni autorzy krajowi i zagraniczni (Rola i in. 2006, Korniak 2007, Rola i in. 2007b, Sekutowski i Badowski 2007, Trąba i in. 2007, Wnuk i Ziaja 2007, Fry i in. 2008, Anioł-Kwiatkowska i in. 2009, Korniak i in. 2009, Rowe i in. 2009).

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że zbiorowiska chwastów towarzyszące analizowanym grupom roślin uprawianych na cele energetyczne różniły się od zespołów występujących na gruntach ornych, chociaż sporą grupę stanowiły gatunki wspólne. Odmienność składu gatunkowego zbiorowisk chwastów w uprawach roślin na cele energetyczne i typowych uprawach rolniczych w różnych systemach gospodarowania potwierdziły wyniki klasyfikacji hierarchicznej kumulującej oraz analizy ordynacyjnej pośredniej i bezpośredniej. Plantacje roślin uprawianych na cele energetyczne, w porównaniu z uprawami rolniczymi, cechowały się mniejszym udziałem gatunków krótkotrwałych, zarówno w składzie gatunkowym, jak i w ogólnej liczebności zbiorowiska. Umiarkowany poziom nawożenia mineralnego zastosowany w uprawie roślin energetycznych, a także składniki pokarmowe uwalniające się z opadających liści, przy braku regulacji zachwaszczenia, zwiększyły udział w strukturze zbiorowisk gatunków azotolubnych: *Galinsoga parviflora*, *Stellaria media*, *Galium aparine*, *Urtica dioica* i *Senecio vulgaris*.

Stwierdzono różnice w składzie gatunkowym zbiorowisk pomiędzy różnymi grupami i gatunkami roślin wieloletnich uprawianych na cele energetyczne. Najbardziej podobne do flory na gruntach ornych były zbiorowiska towarzyszące bylinom, w których dominowały gatunki krótkotrwałe, dwuliścienne. W uprawie traw wieloletnich większy był udział chwastów jednoliściennych. W grupie drzew i krzewów wystąpiło więcej gatunków wieloletnich, a także związanych z siedliskami ruderalnymi, łąkowymi i leśnymi, jak: *Conyza canadensis*, *Solidago gigantea*, *Epilobium parviflorum*, *Urtica dioica*, *Geum urbanum* i *Aegopodium podagraria*. Najbardziej odmienne od flory na gruntach ornych było zbiorowisko chwastów towarzyszących wierzbie 4–5-letniej, o największej liczbie gatunków wieloletnich, w tym dobrze znoszących zacienianie. Badania Cunnigham i in. (2004) również potwierdziły odmienność składu gatunkowego flory na gruntach ornych, gdzie występowały typowe chwasty segetalne, z dominacją *Galium aparine*, w porównaniu z plantacjami drzew i krzewów, na których z większą częstością oznaczano gatunki wieloletnie, cieniolubne i ruderalne, w tym niektóre uciążliwe i stwarzające zagrożenie rozprzestrzeniania się, jak *Conyza canadensis* czy *Solidago gigantea*.

Wyniki badań własnych wykazały, że skład gatunkowy i bogactwo florystyczne zależą od wieku plantacji wierzby i przyjętego cyklu jej zbioru. Poziom zachwaszc-

czenia i liczba gatunków były największe w uprawie wierzby zbieranej w cyklu jednorocznym, pośrednie w uprawie wierzby 4–5-letniej, a najmniejsze w uprawie wierzby zbieranej co 3 lata. Potwierdzają to wyniki badań innych autorów, w których największą liczbę chwastów notowano na jednorocznych i dwuletnich plantacjach wierzby, a w uprawach 3-letnich i starszych liczba gatunków i ogólna liczebność chwastów malały wraz z wiekiem plantacji, a następnie pozostawały na stałym poziomie (Cunningham i in. 2004, Wnuk i Ziaja 2007, Anioł-Kwiatkowska i in. 2009, Korniak i in. 2009). W badaniach Wojciechowskiego i in. (2009) na plantacji wierzby 3-letniej liczba gatunków chwastów była o 21%, a pokrycie przez chwasty 2,5 raza mniejsze niż na plantacji wierzby 1-roczej.

Największe zachwaszczenie w uprawie wierzby zbieranej co roku było prawdopodobnie spowodowane stosowaniem nawożenia po każdym zbiorze oraz występowaniem korzystnych warunków wzrostu chwastów wiosną, do czasu zwarcia się łąnu. W przypadku zbioru w cyklach wieloletnich, już od wczesnej wiosny łąn wierzby silnie zacienia powierzchnię gleby oraz pobiera duże ilości wody i składników pokarmowych, co silnie ogranicza możliwości wzrostu chwastów.

Wielu autorów podkreśla, że w pierwszym roku uprawy wierzby chwasty stanowią dużą konkurencję dla jej wzrostu i rozwoju, dlatego uzasadnione jest ich zwalczanie, natomiast w kolejnych latach nie jest to konieczne lub wręcz niewskazane ze względów ekonomicznych i ekologicznych (Sage 1998 i 1999, Wnuk i Ziaja 2007, Anioł-Kwiatkowska i in. 2009). Zdaniem Jezierskiej-Domaradzkiej i Domaradzkiego (2009), pomimo prawie całkowitego pokrycia powierzchni gleby przez chwasty, nie zaobserwowano ich negatywnego wpływu na kondycję wierzby na plantacjach 2–4-letnich. Według Sage (1998), na ukształtowanych plantacjach wierzby profilaktyczne zwalczanie chwastów nie jest wskazane, ponieważ uprawy z większym bogactwem flory towarzyszącej stwarzają bardziej atrakcyjne siedlisko dla ptaków, małych ssaków i owadów. Niektóre gatunki ptaków, m.in. trzcinniczek (*Acrocephalus scirpaceus*) i łożówka (*Acrocephalus palustris*) chętnie osiedlają się na starszych plantacjach wierzby, gdzie występuje pokrzywa (*Urtica dioica*), którą wykorzystują do gniazdowania. Obserwacje Cunningham i in. (2004) wykazały, że wysokie chwasty mogą stanowić konkurencję dla wierzby w pierwszym roku jej wegetacji, prowadząc do redukcji biomasy, natomiast zwalczanie chwastów w następnych latach z reguły nie jest uzasadnione ekonomicznie i może zmniejszać walory tej uprawy jako siedliska sprzyjającego bioróżnorodności.

Wielu autorów zwraca uwagę na przekształcenia składu gatunkowego zachodzące w zbiorowiskach flory towarzyszącej uprawom z grupy drzew i krzewów w kolejnych latach ich użytkowania. Skład florystyczny na nowych plantacjach roślin energetycznych zależy głównie od dwóch czynników: siedliska oraz dotychczasowego użytkowania pola (Korniak 2007, Sekutowski i Badowski 2007, Wnuk i Ziaja 2007, Korniak i in. 2009, Kościk i Ziemińska-Smyk 2009, Sobisz i Ratuszniak 2009). Na młodych plantacjach wierzby stwierdza się występowanie pospolitych gatunków segetalnych, w tym głównie dwuliściennych rocznych: *Galium aparine*,

*Viola arvensis*, *Equisetum arvense*, *Polygonum aviculare*, jak również wieloletniego *Elymus repens* (Korniak 2007, Rola i in. 2007a, Sekutowski i in. 2009). Większość gatunków cechuje się niskim stopniem stałości fitosocjologicznej, co świadczy o przejściowym charakterze i braku stabilności tych zbiorowisk (Trąba i in. 2007, Skrajna i in. 2009). Według Anioł-Kwiatkowskiej i in. (2009), uprawy wierzby nie tworzą klasyfikowalnych fitocenoz, ich skład jest determinowany przez gatunki stanowiące relikty dawnych zbiorowisk. Zdaniem Sage i in. (1994), w uprawach wierzby dominują najpierw gatunki typowe dla gruntów orných, które są wynikiem wcześniejszego użytkowania pola i kielkują z glebowego banku nasion oraz gatunki ruderalne, a potem zachodzi kolonizacja przez rzadsze gatunki, charakterystyczne dla zbiorowisk leśnych. Wraz z wiekiem plantacji wierzby i topoli następuje sukcesja w kierunku zmniejszania się liczby gatunków jednorocznych, a zwiększania pokrycia przez gatunki wieloletnie, m.in. *Urtica dioica*, *Ranunculus repens*, *Epilobium* sp., *Holcus lanatus* i *Poa pratensis* (Sage i in. 1994, Cunningham i in. 2004, Trąba i in. 2007, Jezierska-Domaradzka i Domaradzki 2009, Korniak i in. 2009, Sekutowski i in. 2009, Wojciechowski i in. 2009). Przekształcenia struktury flory w kierunku od gatunków jednorocznych do wieloletnich są spowodowane w dużej mierze odejściem od ornego użytkowania gruntów oraz z mniejszymi wymaganiami wodnymi i pokarmowymi tych gatunków (van Elsen 2000, Cunningham i in. 2004).

Wyniki badań własnych i innych autorów wskazują, że w starszych uprawach wierzby wzrasta udział gatunków ruderalnych, łąkowych i leśnych (Sage i in. 1994, Cunningham i in. 2004, Trąba i in. 2007, Anioł-Kwiatkowska i in. 2009, Jezierska-Domaradzka i Domaradzki 2009, Korniak i in. 2009, Sekutowski i in. 2009, Wojciechowski i in. 2009). Wraz z wiekiem plantacji wierzby ustępują gatunki światłolubne, a ich miejsce zajmują rośliny o mniejszych wymaganiach świetlnych. W badaniach innych autorów na starszych plantacjach wierzby dominowały: *Coryza canadensis*, *Solidago* sp., *Epilobium parviflorum*, *Urtica dioica*, *Elymus repens*, *Equisetum arvense*, *Taraxacum officinale* i *Achillea millefolium* (Sage i in. 1994, Piórek i in. 2009, Sekutowski i in. 2009, Skrajna i in. 2009, Trąba i in. 2009). W badaniach własnych na plantacji wierzby zbieranej w cyklu jednorocznym, mimo założenia jej w 2004 r., nadal przeważały gatunki jednoroczne, typowe dla gruntów orných. Prawdopodobnie coroczny zbiór zapobiegał rozwojowi gatunków wieloletnich, które pojawiały się w wierzbie zbieranej co 3 lata i 4–5-letniej. Zdaniem Anioł-Kwiatkowskiej i in. (2009), w przypadku upraw wierzby regularnie zbieranych nie ma możliwości wykreowania się typowego zbiorowiska leśnego. Według niektórych autorów po kilkukrotnym zbiorze wierzby mogą tworzyć się zespoły charakterystyczne dla *Artemisietea vulgaris*, *Molinio-Arrenatheretea* czy *Quercus-Fagetae* (Trąba i in. 2007, Wnuk i Ziąja 2007, Chwastek 2009). Występowanie przedstawicieli tych klas, m.in. *Artemisia vulgaris*, *Geum urbanum*, *Leontodon hispidus* i *Urtica dioica* stwierdzono w badaniach własnych w zbiorowiskach towarzyszących uprawom wierzby i topoli.

Przeprowadzone badania oraz obserwacje innych autorów wskazują na mniejszą różnorodność flory w uprawie miskanta i innych traw wieloletnich, jak również by-

lin, w porównaniu z drzewami i krzewami (Semere i Slater 2007, Rola i in. 2009, Sekutowski i in. 2009). W zbiorowiskach chwastów towarzyszących uprawie wierzby zbieranej co roku stwierdzono łącznie 26 gatunków, na plantacji miskanta – 25, spartiny preriowej – 22, a najmniej w łąnie mozgi trzcinowatej – 19 gatunków. Potwierdzają to badania Kościka i Ziemińskiej-Smyk (2009), w których najbogatsze gatunkowo zbiorowiska występowały w uprawie wierzby, pośrednie pod względem bioróżnorodności w uprawie miskanta, a najuboższe w łąnie spartiny preriowej. W badaniach Sekutowskiego i Roli (2009) na plantacji miskanta stwierdzono 27 gatunków chwastów w 3-letnim okresie badań, przy czym różnice w składzie gatunkowym między latami były nieistotne. W zbiorowiskach występowały chwasty typowe dla gruntów ornych, jak również gatunki ruderalne. Wyniki badań przeprowadzonych w Szwecji przez Sage i in. (1994) dowiodły, że w zbiorowiskach roślinnych towarzyszących uprawie miskanta pojawiają się gatunki ruderalne, ale nie leśne.

Badania własne wykazały, że liczba gatunków i indeks różnorodności Shanna dla zbiorowisk chwastów w uprawie miskanta były zbliżone do zbóż w systemie integrowanym i mniejsze niż dla zbóż w uprawie ekologicznej. Według Rowe i in. (2009) oraz Semere i Slatera (2007), plantacje miskanta i innych traw wieloletnich, z wyjątkiem mozgi trzcinowatej, charakteryzują się bogatszym składem gatunkowym i wyższym indeksem pokrycia przez chwasty niż uprawy konwencjonalne na gruntach ornych. Stwierdzono natomiast mniejsze zachwaszczenie i małą różnorodność flory w uprawie mozgi trzcinowatej. W badaniach Rowe i in. (2009) pokrycie przez chwasty spadło z 48% w pierwszym roku do 1% po kilku latach uprawy mozgi, co było porównywalne do intensywnie prowadzonych upraw rolniczych. Duża zdolność konkurencyjna mozgi w stosunku do chwastów może wynikać również z jej potencjału allelopatycznego, na co zwracają uwagę Sekutowski i Bortniak (2009). Należy także zaznaczyć, że inne jest tempo początkowego wzrostu miskanta i mozgi trzcinowatej. Miskant należący do roślin o szlaku fotosyntezy typu  $C_4$  i dużych wymaganiach cieplnych, wiosną rozpoczyna vegetację później niż mozga trzcinowata i zwarty łąn tworzy dopiero w lecie. Natomiast mozga, po zasileniu azotem, bardzo szybko zwiera łąn wiosną, co ogranicza wzrost chwastów.

Spośród badanych roślin przeznaczonych na cele energetyczne najuboższe gatunkowo zbiorowisko chwastów zaobserwowano w łąnie ślazuwca pensylwańskiego uprawianego z sadzonek, co jest zbliżone z wynikami badań Sekutowskiego i in. (2009). Sobisz i Ratuszniak (2009) wykazali mniejszą o 30% różnorodność gatunkową chwastów w uprawie topinamburu w porównaniu z uprawą wierzby, przy czym większość stwierdzonych taksonów cechowała się małą stałością występowania, podobnie jak w łąnie wierzby, co świadczy o dynamicznym i mało utrwalonym charakterze zbiorowiska. W zbiorowiskach chwastów w uprawie topinamburu dominowały 1-roczone i 2-letnie gatunki (56%), a w uprawie wierzby zanotowano przewagę gatunków wieloletnich (51%). Wśród gatunków rzadkich z apofitów stwierdzono występowanie *Campanula patula*, który był też obserwowany w badaniach własnych na plantacji wierzby 4–5-letniej.

Pomimo bardzo zbliżonych warunków ekologicznych na plantacjach roślin uprawianych na cele energetyczne i jednorocznych upraw rolniczych, ich fitocenozy różniły się między sobą strukturą geograficzno-historyczną. Silniejsza coroczna antropopresja w uprawach rolniczych na gruntach ornych przejawiała się w większym udziale antropofitów, głównie archeofitów (45%), w porównaniu z uprawami roślin na cele energetyczne (29%), w których większy był udział apofitów (60%). Kenofity miały jednakowy udział (9%) w składzie gatunkowym zbiorowisk towarzyszących obu typom użytkowania gruntów, ale ich liczebność była większa w uprawach roślin na cele energetyczne. Wśród kenofitów dominowały gatunki inwazyjne: *Conyza canadensis* i *Solidago gigantea*, podobnie jak w badaniach Anioł Kwiatkowskiej i in. (2009) przeprowadzonych w uprawie wierzby.

Badania innych autorów potwierdzają przewagę gatunków rodzimych (55–86%) nad gatunkami obcego pochodzenia w roślinach uprawianych na cele energetyczne (Korniak 2007, Wnuk i Ziaja 2007, Jezierska-Domaradzka i Domaradzki 2009, Kościak i Ziemińska-Smyk 2009, Skrajna i in. 2009). W badaniach Wojciechowskiego i in. (2009) wraz z wiekiem plantacji wierzby wzrastał udział apofitów, a zmniejszał się archeofitów w strukturze zachwaszczenia. Według Balcerkiewicza i Pawłaka (2010), apofity w całej florze Polski stanowią 10%, a ich udział we florze zespołów segetalnych wynosi około 55%. Nieco mniejszy udział apofitów (45%) stwierdzony w badaniach własnych w uprawach rolniczych może być związany ze stosowaniem herbicydów w systemach integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze pszenicy ozimej. Większy udział archeofitów we florze w jednorocznych uprawach rolniczych w porównaniu z uprawami na cele energetyczne tłumaczy fakt, że archeofity są uważane za typowe chwasty zaadaptowane do rolniczego użytkowania gruntów (Baessler i Klotz 2006). Kutyna i Malinowska (2011) wskazują na większy wskaźnik antropofityzacji i archeofityzacji flory zbiorowisk segetalnych w uprawach roślin ozimych w porównaniu z fitocenozą wieloletnich odłogów. Według Anioł-Kwiatkowskiej i in. (2009), niewielka liczba gatunków archeofitycznych na plantacjach wierzby wynika ze sposobu uprawy, który nie sprzyja ich rozwojowi, powodując ustępowanie ze zbiorowisk. Zagrożenie dla rodzimej flory mogą stanowić kenofity, zwłaszcza gatunki inwazyjne: *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Conyza canadensis*, które niejednokrotnie tworzą zwarte fitocenozy. W zbiorowiskach tych rodzime rośliny są stopniowo wypierane poprzez zagłuszanie lub oddziaływania allelopatyczne (Gniazdowska 2005, Tokarska-Guzik 2005, Tryjanowski i in. 2011). Podobne ekspansywne działanie stwierdzono u gatunków z rodzaju *Artemisia* charakteryzujących się dużym potencjałem allelopatycznym, który może wpływać na rośliny i mikroorganizmy glebowe (Gniazdowska 2005, Gołębiowska 2011).

Współistnienie w krajobrazie rolniczym wieloletnich upraw na cele energetyczne może zwiększać różnorodność siedlisk dla flory i fauny, jeśli ich produkcja będzie prowadzona w warunkach małego zużycia środków chemicznych. Uprawa tych roślin może powodować zmiany w zbiorowiskach flory towarzyszącej polegające na wzroście udziału gatunków wieloletnich, kosztem jednorocznych. Plantacje roślin

na cele energetyczne będą także sprzyjać występowaniu gatunków ruderalnych, które mogą tworzyć wielkopowierzchniowe skupienia, jak *Urtica* sp. oraz obcych gatunków inwazyjnych, jak *Conyza canadensis*, *Solidago* sp. W związku z tymi zagrożeniami należy monitorować dalsze zmiany zachodzące w środowisku, aby nie dopuścić do rozprzestrzeniania gatunków cechujących się dużą konkurencyjnością i ekspansywnością w stosunku do rodzimej flory.

Ważniejszymi czynnikami wpływającymi na bioróżnorodność agroekosystemów są sposób i poziom intensywności gospodarowania. Duża różnorodność flory w systemie ekologicznym może wynikać z bogactwa gatunków tworzących zmianowanie, którym towarzyszy określony zestaw chwastów oraz wyeliminowania herbicydów, a w roślinach energetycznych z braku mechanicznych zabiegów uprawowych i chemicznej ochrony. Badania własne wykazały większe podobieństwo ilościowe między zbiorowiskami flory w różnych gatunkach roślin uprawianych na cele energetyczne niż między roślinami jednorocznymi uprawianymi w różnych systemach gospodarowania, co może wskazywać, że systemy gospodarowania w większym stopniu różnicują liczebność chwastów niż porównywane gatunki roślin uprawianych na cele energetyczne. Należy jednak podkreślić, że zaprezentowanych wyników badań nie można uogólniać, gdyż analizowane obiekty eksperymentalne z różnymi systemami gospodarowania obejmują okres 17 lat (1996–2012), zaś roślin uprawianych na cele energetyczne tylko 4–8 lat, co prawdopodobnie jest zbyt krótkim okresem, aby ustabilizowały się zespoły flory towarzyszącej.

Według Krawczyka (2005), na bioróżnorodność flory segetalnej ma wpływ wiele czynników, dlatego trudno jednoznacznie określić tendencje zmian. Barberi i in. (1997) zwracają uwagę, że brak jest wyraźnego trendu w ewolucji składu gatunkowego zbiorowisk chwastów wynikającego ze stosowania określonego systemu produkcji. Sugeruje to istnienie mało rozpoznanych mechanizmów związanych prawdopodobnie z glebowym bankiem nasion, długowiecznością i polimorfizmem spoczynkowym nasion oraz licznymi strategiami adaptacyjnymi, co utrudnia prognozowanie zmian we florze.

Na podstawie wyników badań własnych i obserwacji innych autorów można przypuszczać, że rozwój rolnictwa konwencjonalnego, ze względu na stosowanie herbicydów jako podstawowego narzędzia regulacji zachwaszczenia, będzie prowadził do zmniejszenia liczby gatunków segetalnych obserwowanych na polach, z jednoczesnym zwiększeniem liczebności roślin w obrębie gatunków tolerujących antropopresję, takich jak: *Galium aparine*, *Viola arvensis*, *Alopecurus myosuroides*, *Echinochloa crus-galli* i *Setaria* sp. Duży udział zbóż w strukturze zasiewów zwiększa zagrożenie gatunkami jednoliściennymi, głównie *Apera spica-venti*. Intensywne rolnictwo może przyczyniać się do homogenizacji (ujednoczenia) flory, głównie na skutek uproszczenia zmianowań, stosowania nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin oraz upowszechniania uproszczonych technik uprawy roli. W konsekwencji może to prowadzić do zaniku gatunków związanych z siedliskami oligotroficznymi, wrażliwych na herbicydy oraz związanych z roślinami rzadko wy-

stępującymi w płodozmianach. Rozwój integrowanych systemów produkcji rolnej będzie sprzyjał mniejszemu zużyciu herbicydów, lepszemu wykorzystaniu agrotechnicznych i mechanicznych metod regulacji zachwaszczenia oraz zwiększeniu efektywności stosowanych dawek nawozów mineralnych. Nie należy jednak spodziewać się znaczącego wpływu tego systemu gospodarowania na zwiększenie bioróżnorodności, tym bardziej na zachowanie gatunków rzadkich (Krawczyk 2005).

Rosnący udział gospodarstw ekologicznych będzie miał pozytywny wpływ na zwiększenie bogactwa gatunkowego agroekosystemów, przy czym opinie badaczy co do roli tego systemu gospodarowania w ochronie gatunków rzadkich i zagrożonych wyginięciem są podzielone. Proekologiczne systemy gospodarowania, jak rolnictwo ekologiczne i integrowane, powinny być wspomagane przez inne instrumenty służące ochronie bioróżnorodności w agroekosystemach, na poziomie pola i krajobrazu, jak program rolnośrodowiskowy czy działania w kierunku „zazieleniania” krajobrazu („greening”).

Zastosowane w pracy analizy statystyczne, zwłaszcza klasyfikacji hierarchicznej kumulującej i ordynacji, okazały się przydatnymi narzędziami do grupowania zbiorowisk chwastów pod względem ich podobieństwa, niezależnie od sposobu użytkowania gruntów. Metody te okazały się natomiast mniej użyteczne do wydzielenia zbiorowisk charakterystycznych dla porównywanych sposobów gospodarowania, z uwagi na występowanie dużej liczby gatunków wspólnych. Wykorzystanie techniki ordynacji bezpośredniej, w której zmiennymi były wybrane czynniki agrotechniczne, pozwoliło na określenie ich wpływu na zróżnicowanie roślinności segetalnej. Metody klasyfikacji numerycznej i ordynacji pozwalają na uporządkowanie dużych zbiorów danych i obiektywizują ocenę. Mają jednak bardziej znaczenie naukowe i poznawcze niż praktyczne do oceny bioróżnorodności.

Określenie różnorodności roślin naczyniowych jest jednym z elementów oceny bioróżnorodności agroekosystemów, obok innych grup taksonomicznych, takich jak: dzikie gatunki zapylaczy, pająki, motyle, dżdżownice, ptaki i inne (Herzog i in. 2012). Spośród wskaźników oceny bioróżnorodności najczęściej stosowane w pracach innych autorów są: liczba gatunków na poziomie pola i gospodarstwa, liczebność osobników na jednostce powierzchni, procentowe pokrycie powierzchni oraz indeks różnorodności Shannona (Zanin i in. 1992, Stupnicka-Rodzinkiewicz i in. 2004, Jędruszczak i Antoszek 2004, Dąbkowska i in. 2007, Dostatny i Małuszyńska 2007, Krawczyk i in. 2010). Badania własne, w których określono liczbę gatunków na poziomie pola, liczebność roślin na jednostce powierzchni oraz wartość indeksu różnorodności Shannona wykazały, że wskaźniki te mogą być wykorzystywane do analizy flory towarzyszącej zarówno jednorocznym uprawom rolniczym, jak też nowym typom upraw na cele energetyczne. Ocena przydatności różnych wskaźników, w tym także kosztów ich stosowania oraz stopnia trudności wykorzystania, była celem projektu UE „BioBio”. Badania wykazały, że wskaźniki oparte na bogactwie gatunkowym różnych grup organizmów są łatwe do zastosowania i stosunkowo niedrogie, przez co są wykorzystywane do oceny bioróżnorodności na poziomie gospodarstwa, jak również regionów i krajów. Ponadto rozwijane są



inne, bardziej złożone metody oceny, np. system punktowy (Credit Point System – CPS), które mogą znaleźć praktyczne zastosowanie do oceny gospodarstw pod kątem spełniania funkcji ochrony bioróżnorodności (Herzog i in. 2012).

## 6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Wieloletnie gospodarowanie ekologiczne zwiększyło różnorodność flory segetalnej towarzyszącej roślinom uprawnym. W okresie 16 lat badań stwierdzono zmiany w zbiorowiskach chwastów w uprawie pszenicy ozimej wysiewanej w tym systemie polegające na zmniejszeniu liczebności gatunków nitrofilnych: *Chenopodium album* i *Galium aparine* oraz wzroście liczebności taksonów bardziej wrażliwych na herbicydy: *Stellaria media*, *Capsella-bursa pastoris*, *Fallopia convolvulus* i gatunków z rodzaju *Vicia*.
2. Zbiorowiska chwastów w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym cechowały się dużym podobieństwem jakościowym i ilościowym w latach, co potwierdziły wyniki klasyfikacji hierarchicznej i analizy ordynacyjnej.
3. Upraszczanie zmianowania od systemu integrowanego, poprzez system konwencjonalny do monokultury pszenicy ozimej i związane z tym stosowanie zwiększonych ilości herbicydów prowadziło do zubożenia składu gatunkowego flory segetalnej. Średnia liczba gatunków chwastów w łanie pszenicy ozimej w tych systemach gospodarowania była około 3,5-krotnie mniejsza niż w systemie ekologicznym. Dodatkowo zbiorowiska te cechowały się dużą zmiennością składu gatunkowego i liczebności chwastów w latach, co było uwarunkowane głównie dobozem i skutecznością stosowanych herbicydów, modyfikowaną przebiegiem pogody. Łączna liczba gatunków występujących w łanach pszenicy w 16-letnim okresie badań była o 38–50% mniejsza w systemach, w których stosowano herbicydy w porównaniu z systemem ekologicznym, co wskazuje na duże znaczenie glebowego banku nasion w utrzymaniu bioróżnorodności.
4. Zmiany w zbiorowiskach chwastów potwierdziły również wartości wskaźnika różnorodności Shannona, zmniejszające się wraz z intensyfikacją gospodarowania i układające się w kolejności: system ekologiczny > integrowany > konwencjonalny > monokultura oraz indeksu dominacji Simpsona układające się w odwrotnej kolejności. Wysokie wartości wskaźnika dominacji w monokulturze pszenicy ozimej i w systemie konwencjonalnym wynikały z dużego udziału w zbiorowiskach następujących gatunków chwastów: *Viola arvensis* i *Apera spica-venti*.
5. Całokształt agrotechniki stosowanej w porównywanych systemach gospodarowania: ekologicznym, integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze pszenicy ozimej w większym stopniu różnicował liczebność niż skład gatunkowy flory segetalnej, co potwierdziły wartości wskaźników podobieństwa Sorensena.

6. Spośród roślin uprawianych na cele energetyczne największe bogactwo flory towarzyszącej wystąpiło w uprawie wierzby zbieranej co roku, topoli i robinii akacyjowej oraz traw wieloletnich o szlaku fotosyntezy typu  $C_4$  – miskanta, spartiny preriowej, palczatki Gerarda i prosa różgowatego. Uboższe pod względem składu gatunkowego oraz liczebności były zbiorowiska chwastów towarzyszące uprawom bylin – ślazuca pensylwańskiego i tobinambura oraz mozgi trzcino-watej.
7. Bioróżnorodność flory na plantacjach wierzby zależała od długości okresu użytkowania. W uprawie wierzby zbieranej co roku stwierdzono największą różnorodność i liczebność flory towarzyszącej, z przewagą gatunków jednorocznych i dwuletnich, typowych dla gruntów ornych, natomiast wraz z wiekiem plantacji malał udział gatunków krótkotrwałych na rzecz wieloletnich, w tym typowych dla zbiorowisk leśnych, ruderalnych i łąkowych, m.in. *Geum urbanum*, *Aegopodium podagraria*, *Epilobium parviflorum*, *Campanula patula*, *Leontodon hispidus* i *Hieracium pilosella*.
8. Różnorodność gatunkowa i liczebność chwastów występujących w uprawach z grupy drzew i krzewów oraz traw wieloletnich, z wyjątkiem mozgi trzcino-watej, była zbliżona do zachwaszczenia w jednorocznych uprawach rolniczych w systemie ekologicznym.
9. W 3-letnim okresie badań flory towarzyszącej uprawom na cele energetyczne oraz roślinom rolniczym stwierdzono ogółem 81 gatunków, z czego 41 było wspólnych dla obu sposobów użytkowania gruntów, 27 wystąpiło tylko na plantacjach roślin uprawianych na cele energetyczne, a 13 w jednorocznych uprawach rolniczych. W zbiorowiskach chwastów w łąkach roślin uprawianych na cele energetyczne wystąpiło więcej gatunków wieloletnich, ruderalnych, łąkowych i leśnych w porównaniu z typowymi uprawami rolniczymi.
10. W wieloletnich roślinach uprawianych na cele energetyczne stwierdzono większy udział apofitów (60%) w porównaniu do jednorocznych upraw rolniczych (45%). Silniejsza coroczna antropopresja w roślinach uprawianych na gruntach ornych spowodowała zwiększenie udziału archeofitów we florze towarzyszącej. Kenofity stanowiły około 9% składu gatunkowego zbiorowisk, niezależnie od sposobu użytkowania gruntów, ale na plantacjach roślin uprawianych na cele energetyczne zaznaczył się większy udział *Conyza canadensis* i *Solidago gigantea*, które zaliczane są do gatunków inwazyjnych i ich rozprzestrzenianie powinno być monitorowane.
11. Zastosowane w pracy metody klasyfikacji hierarchicznej kumulującej i analizy ordynacyjnej okazały się przydatne do grupowania zbiorowisk chwastów pod względem ich podobieństwa, niezależnie od sposobu użytkowania gruntów. Metody te okazały się natomiast mniej użyteczne do wydzielenia zbiorowisk charakterystycznych dla porównywanych sposobów zagospodarowania gruntów, z uwagi na występowanie dużej liczby gatunków wspólnych.

7. ANEKS

Tabela I

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym w latach 1996–2011  
 Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in winter wheat cultivated in the organic system in 1996–2011

Gatunek chwastu; Weed species	Lata badań; Years of research														Średnio; Mean	Liczba wystąpień; Number of occurrence		
	1996	1997	1998	1999*	2000*	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009			2010	2011
Che.alb	292,70	20	35,30	36,90	26,40	0,10	8,40	91,10	1,90	6,00	92,50	1,80	0,90	2,80	10,70	47,30	42,18	16
Vio.arv	21,00	10	9,30	31,00	47,00	10,40	5,50	9,60	63,30	16,70	1,50	6,00	22,10	23,90	7,00	13,00	18,58	16
Ste.med	0	4,00	9,70	20,50	16,80	10,80	17,40	0,70	2,60	0,10	0,10	5,50	7,30	2,10	5,80	17,40	7,55	15
Fal.con	2,00	1,50	3,70	4,90	4,00	1,80	13,30	3,90	4,90	6,70	19,30	3,80	6,20	4,10	2,20	9,20	5,72	16
Pap.rho	0	0	0,10	2,90	1,10	0	0,30	0,10	3,90	13,10	0,40	0,90	1,30	26,30	38,70	1,20	5,64	13
Gal.apa	6,70	6,00	11,60	4,40	2,30	20	3,50	0,40	0,30	1,90	0,50	2,40	3,20	0,10	4,30	2,40	4,38	16
Cap.bur	0	0	1,40	3,90	0,80	0	1,00	1,10	1,90	15,20	0,50	0,30	1,10	3,60	1,20	13,30	2,83	13
Ver.per	0	0	0,10	7,50	0,40	0	0,10	0	7,30	0,10	0	0,30	0,70	6,00	1,30	0,40	1,51	11
Pol.avi	3,70	0	0,30	15,60	0	0	0,10	1,90	0	0,10	0,40	0,30	1,00	0,10	0,10	0,20	1,49	12
Lap.com	0	1,00	0,20	0,10	2,60	1,30	0,80	0	1,70	0,60	0,10	4,30	0,30	0,50	4,40	2,00	1,24	14
Myo.arv	0	0	1,40	0,30	0,90	0,50	0,40	0,40	1,30	1,70	0,20	1,60	2,10	2,80	1,50	1,40	1,03	14
Ant.arv	0	0	0	0	0	0	0	0	2,00	0	0	0,90	2,80	8,80	1,00	0,20	0,98	6
Vic.cra	0	0	0,10	5,80	0,10	0,50	0,10	0,10	2,40	0,10	0	0	0,10	2,10	0,10	1,30	0,80	12
Tri.ino	0	0	0,20	1,00	0,50	0,50	0,10	1,90	4,30	0,40	0,50	0	0	0,30	0,30	1,10	0,69	12
Pla.lan	0	0	0	0	0	0	0	8,90	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0,56	3
Tri.rep	0	0	0	2,80	0	1,00	0	0	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,20	0	0	0,29	9
Cir.arv	0	0,20	0,20	0	0,30	0,10	0,60	0	0	0,10	0	0,80	0,50	0	0,60	0,60	0,25	11
Ger.pus	0	0	0,40	0,40	0,30	0	0	0	0,40	0,20	0	0,20	0	0,20	0,60	1,20	0,24	9

cd. tab. I

Gatunek chwastu; Weed species	Lata badań; Years of research												Srednio; Mean	Liczba wystąpień; Number of occurrence				
	1996	1997	1998	1999*	2000*	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007			2008	2009	2010	2011
Son.arv	0	0	0,10	0,40	0,80	0,10	0	1,10	0,30	0,10	0,10	0,10	0	0,10	0,30	0,40	0,24	12
Tar.off	0	0	0	0	0	0,30	0,30	1,40	0	0,10	0,10	0,10	0	0,30	0,60	0,20	0,21	8
Con.can	0	0	0,10	0	0	0,10	0,30	0,20	0,30	0,10	0,30	0,10	0,60	0,80	0	0,10	0,19	11
Mel.alb	0	0	1,20	0	0	0	0	0,10	0,10	0,60	0,10	0,10	0,10	0	0	0,40	0,17	8
Myo.min	0	0	0	0	0	0	0	0,60	0	0	0,30	0,90	0	0	0	0	0,11	3
Con.reg	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0,10	0	1,40	0	0	0,10	0,11	4
Pla.maj	0	0	0,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	0	1,20	0,11	3
Lam.pur	0	0	0	0	0	0,40	0	0,10	0,10	0	0,10	0	0,10	0,40	0	0,10	0,08	6
Ver.hed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,10	0	0	0,07	1
Lyc.arv	0	0	0	0	0,30	0	0	0	0	0	0	0,20	0,10	0,10	0,20	0	0,06	5
Med.sat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	0	0,10	0	0	0	0,04	2
Pol.per	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,50	0	0	0	0,04	2
Ero.cic	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0,02	1
Con.arv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0,20	0	0,02	2
Gna.uli	0	0	0,10	0	0	0	0	0,10	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0,02	3
Cen.cya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0,01	1
Fum.off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0,01	1
Lam.amp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0,01	1
Ach.mil	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1
Gal.tet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0,10	0,01	2
Pol.lap	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1
Spe.arv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,20	0	0	0	0	0	0	0,01	1
Sen.vul	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0,01	2

cd. tab. I

Gatunek chwastu; Weed species	Lata badań; Years of research													Srednio; Mean	Liczba wystąpień; Number of occurrence			
	1996	1997	1998	1999*	2000*	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			2009	2010	2011
Thl.arv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0	0,01	1
Eup.hel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0,01	1
<b>Dwułóściennie; Dicotyledonous</b>	<b>326,10</b>	<b>42,70</b>	<b>75,80</b>	<b>138,50</b>	<b>104,70</b>	<b>47,20</b>	<b>52,70</b>	<b>123,80</b>	<b>99,20</b>	<b>64,40</b>	<b>117,60</b>	<b>31,20</b>	<b>53,50</b>	<b>86,90</b>	<b>81,10</b>	<b>114,80</b>	<b>97,55</b>	<b>16</b>
Ape.spi	0	0	0,20	57,10	1,40	0	0,60	1,50	31,20	10	0,20	1,90	4,00	14,60	7,90	2,20	8,30	13
Ely.rep	43,70	0,50	2,70	29,50	2,80	12,10	1,30	1,40	0,40	0,50	1,60	0,10	0,50	0,60	1,00	0,10	6,18	16
Ech.cru	0,30	0,20	0,20	0,90	0	0	0	0,20	0	0	0,10	0,10	0	0,10	0	0	0,13	8
Poa.ann	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0,10	0,10	0	0	0	0,02	3
Lol.per	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0	0	0	0,01	1
<b>Jednolóściennie; Monocotyledonous</b>	<b>44,00</b>	<b>0,70</b>	<b>3,10</b>	<b>87,50</b>	<b>4,20</b>	<b>12,10</b>	<b>1,90</b>	<b>3,10</b>	<b>31,60</b>	<b>10,60</b>	<b>1,90</b>	<b>2,30</b>	<b>4,60</b>	<b>15,30</b>	<b>8,90</b>	<b>2,30</b>	<b>14,64</b>	<b>16</b>
Equ.arv	0	0	1,00	0,50	0	0,40	0	0,50	0,10	0,40	0,10	0,30	1,10	0,10	0,10	0	0,29	11
Skrzypy; Horsetail	0	0	1,00	0,50	0	0,40	0	0,50	0,10	0,40	0,10	0,30	1,10	0,10	0,10	0	0,29	11
<b>Suma; Total</b>	<b>370,10</b>	<b>43,40</b>	<b>79,90</b>	<b>226,50</b>	<b>108,90</b>	<b>59,70</b>	<b>54,60</b>	<b>127,40</b>	<b>130,90</b>	<b>75,40</b>	<b>119,60</b>	<b>33,80</b>	<b>59,20</b>	<b>102,30</b>	<b>90,10</b>	<b>117,10</b>	<b>112,43</b>	<b>16</b>

\* dane z lat 1999–2001 publikowane; the results from the years 1999–2001 were published (Feledyn-Szewczyk 2003, Feledyn-Szewczyk i Duer 2004b)

Tabela II

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w pszenicy uprawianej w systemie integrowanym w latach 1996–2011  
Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in winter wheat cultivated in the integrated system in 1996–2011

Gatunek chwastu; Weed species	Lata badań; Years of research													Średnio; Mean	Liczba wystąpień; Number of occurrence			
	1996	1997	1998	1999*	2000*	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			2009	2010	2011
Vio.arv	26,60	0	6,25	12,88	1,38	0,13	1,00	0,50	10,13	0,25	0	0,13	2,13	0,13	0	0	3,84	12
Che.alb	52,00	0	0	0,63	0	0	0	0	7,63	0	0	0	0	0,13	0	0	3,77	4
Gal.lapa	5,33	0	2,38	0	0	1,25	0	0,50	0,75	0	0,25	0,13	0,38	0,13	2,25	0,13	0,84	11
Fal.con	2,00	0	0,50	1,38	1,00	0	0	0,50	5,00	0,13	0	0	0,63	0	1,88	0	0,81	9
Tri.rep	0	0	0	0	1,50	0	0	0	5,13	0	0	0	0	0	0	0	0,41	2
Cap.bur	0	0	0	0	1,50	0	0	2,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0,22	2
Ant.arv	0	0	0	0,13	0	0	0	3,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0,22	2
Ste.med	0,66	0	0	1,63	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	3
Ger.pus	0	0	0,25	0	0,38	0	0	1,33	0,13	0	0	0	0,13	0	0,25	0	0,15	6
Ver.per	1,33	0	0	0,13	0	0	0	0,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	3
Pol.avi	0	0	1,13	0	0	0	0	0	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0,10	2
Tri.ino	0	0	0	0	0	0	0	1,33	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0,09	2
Cir.arv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,38	0,63	0,08	3
Fum.off	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,25	0,13	0,05	4
Tar.off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	0	0	0,03	1
Myo.arv	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0,13	0	0	0,03	3
Ero.cic	0	0	0	0,25	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	2
Son.arv	0	0	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	1
Gal.par	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0,02	2

cd. tab. II

Gatunek chwastu; Weed species	Lata badań; Years of research													Srednio; Mean	Liczba wystąpień; Number of occurrence			
	1996	1997	1998	1999*	2000*	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			2009	2010	2011
Lyc.arv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0,01	1
Con.can	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1
Vic.cra	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1
Scl.ann	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1
<b>Dwuliścienne; Dicotyledonous</b>	<b>87,92</b>	<b>0</b>	<b>11,25</b>	<b>17,13</b>	<b>6,13</b>	<b>1,63</b>	<b>1,00</b>	<b>10,28</b>	<b>29,75</b>	<b>0,38</b>	<b>0,25</b>	<b>0,50</b>	<b>3,25</b>	<b>1,38</b>	<b>5,13</b>	<b>0,88</b>	<b>11,05</b>	<b>15</b>
Ely.rep	16,00	30,50	0,13	2,38	0,25	0	0	1,25	1,63	0	0	0	0	0,13	0,13	0	3,27	9
Ape.spi	0	0	7,50	22,25	0	0,90	0	1,50	0	0	0	6,25	0	0,38	0,50	0	2,45	7
Ech.cru	2,00	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63	0,20	3
<b>Jednoliścienne; Monocotyledonous</b>	<b>18,00</b>	<b>31,00</b>	<b>7,63</b>	<b>24,63</b>	<b>0,25</b>	<b>0,90</b>	<b>0</b>	<b>2,75</b>	<b>1,63</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,25</b>	<b>0</b>	<b>0,50</b>	<b>0,63</b>	<b>0,63</b>	<b>5,92</b>	<b>12</b>
Equ.arv	0	1,00	0	0,25	0,25	2,63	0	0,75	3,63	1,88	0	0	1,00	0,88	0	0,88	0,82	10
<b>Skrzypty; Horsetail</b>	<b>0</b>	<b>1,00</b>	<b>0</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>2,63</b>	<b>0</b>	<b>0,75</b>	<b>3,63</b>	<b>1,88</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,00</b>	<b>0,88</b>	<b>0</b>	<b>0,88</b>	<b>0,82</b>	<b>10</b>
<b>Suma; Total</b>	<b>105,92</b>	<b>32,00</b>	<b>18,88</b>	<b>42,00</b>	<b>6,63</b>	<b>5,16</b>	<b>1,00</b>	<b>13,78</b>	<b>35,00</b>	<b>2,25</b>	<b>0,25</b>	<b>6,75</b>	<b>4,25</b>	<b>2,75</b>	<b>5,75</b>	<b>2,38</b>	<b>17,79</b>	<b>16</b>

\* dane z lat 1999–2001 publikowane; the results from the years 1999–2001 were published (Feledyn-Szewczyk 2003, Feledyn-Szewczyk i Duer 2004b)





cd. tab. III

Gatunek chwastu; Weed species	Lata badań; Years of research											Srednio; Mean	Liczba wystapien; Number of occurrence					
	1996	1997	1998	1999*	2000*	2001*	2002	2003	2004	2005	2006			2007	2008	2009	2010	2011
Cir.arv	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38	2	
Tar.off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38	0	0	0,02	1
Con.reg	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,02	2
Fum.off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0,01	1
Lam.pur	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1
Son.arv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0,01	1
Sen.vul	0	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1
Vic.cra	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	1
<b>Dwuliscienne; Dicotyledonous</b>	<b>113,19</b>	<b>15,00</b>	<b>81,25</b>	<b>62,18</b>	<b>16,38</b>	<b>13,25</b>	<b>15,38</b>	<b>0,25</b>	<b>2,50</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0</b>	<b>0,75</b>	<b>2,5</b>	<b>1,88</b>	<b>0,63</b>	<b>20,37</b>	<b>15</b>
Ape.spi	0	21,00	0	15,38	1,25	0,10	0,38	21,25	0	0,63	18,50	0	1,50	0	0	0	4,99	9
Ely.rep	16,00	0	0	0,38	0,13	0	0	0,13	0,25	0	0	0,75	0	0	0,13	0,88	1,16	8
Ech.cru	0	0	0	0	0	0	0,50	0	0	0	0	0	0	1,88	0	0	0,15	2
<b>Jednoliscienne; Monocotyledonous</b>	<b>16,00</b>	<b>21,00</b>	<b>0</b>	<b>15,75</b>	<b>1,38</b>	<b>0,10</b>	<b>0,88</b>	<b>21,38</b>	<b>0,25</b>	<b>0,63</b>	<b>18,50</b>	<b>0,75</b>	<b>1,50</b>	<b>1,88</b>	<b>0,13</b>	<b>0,88</b>	<b>6,31</b>	<b>14</b>
Equ.arv	1,33	0	0	1,38	0	0	0,88	0	0	4,25	0	0	0,25	0	0	0	0,51	5
Skrzypty; Horsetail	<b>1,33</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,38</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,88</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4,25</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,25</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,51</b>	<b>5</b>
<b>Suma; Total</b>	<b>130,52</b>	<b>36,00</b>	<b>81,25</b>	<b>79,30</b>	<b>17,75</b>	<b>0,73</b>	<b>15,00</b>	<b>36,75</b>	<b>0,50</b>	<b>7,38</b>	<b>18,75</b>	<b>0,75</b>	<b>2,50</b>	<b>4,38</b>	<b>2,00</b>	<b>1,50</b>	<b>27,19</b>	<b>16</b>

\* dane z lat 1999–2001 publikowane; the results from the years 1999–2001 were published (Feledyn-Szewczyk 2003, Feledyn-Szewczyk i Duer 2004 b)

Tabela IV

Skład gatunkowy i liczebność chwastów (roślin·m<sup>-2</sup>) w pszenicy uprawianej w monokulturze pszenicy ozimej w latach 1996–2011  
Species composition and number of weeds (plants·m<sup>-2</sup>) in winter wheat cultivated in monoculture of winter wheat in 1996–2011

Gatunek chwastu; Weed species	Lata badań; Years of research														Srednio; Mean	Liczba wystąpień; Number of occurrence		
	1996	1997	1998	1999*	2000*	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009			2010	2011
Vio.arv	1,33	2,50	21,13	78,25	3,63	46,88	0	5,63	0	0	4,75	0	13,13	19,75	0	0	12,31	10
Che.alb	0	0	1,25	0	0,25	0	0	0	0	0,38	6,25	0	0	4,38	0	0	0,78	5
Fal.con	4,66	0	0,50	0,75	0,63	0	0	0	0,13	0	0	0	0,38	0,50	0,25	0	0,49	8
Con.reg	0	0	0,50	1,00	0	0	0	0,38	0	0	0	0	2,00	0,38	1,75	0	0,38	6
Cir.arv	0,66	0	0,50	0	0	0	0	0,38	0	0	0,63	0	0	0	0,13	0,13	0,15	6
Ant.arv	1,33	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	0	0	0,13	3
Gal.apa	0	0	0,88	0,50	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	3
Mel.alb	0,66	0	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,08	3
Ero.cic	0	0	0,13	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,05	4
Tar.off	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,13	0	0,05	2
Ver.per	0,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	1
Ste.med	0	0,50	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	2
Lyc.arv	0	0	0	0	0	0	0	0,38	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,04	2
Pla.lan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	0	0	0	0	0	0,03	1
Con.can	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,38	0	0	0,03	2
Cap.bur	0	0	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	1
Ger.pus	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,02	2
Pap.rho	0	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,13	0	0,02	3
Son.arv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0	0,01	1

cd. tab. IV

Gatunek chwastu; Weed species	Lata badań; Years of research													Średnio; Mean	Liczba wystąpień; Number of occurrence		
	1996	1997	1998	1999*	2000*	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			2009	2010
<b>Dwuliścienne; Dicotyledonous</b>	<b>9,30</b>	<b>3,00</b>	<b>26,00</b>	<b>81,00</b>	<b>4,88</b>	<b>47,13</b>	<b>0</b>	<b>6,75</b>	<b>0,13</b>	<b>0,38</b>	<b>12,13</b>	<b>0</b>	<b>15,63</b>	<b>27,50</b>	<b>2,75</b>	<b>0,13</b>	<b>14</b>
Ape.spi	0	10	0	84,63	2,88	3,80	0,13	26,50	0,13	27,50	0,13	2,38	5,25	21,38	0,75	4,50	14
Ech.cru	138,00	0,50	3,50	0	0	1,90	0	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Ely.rep	6,00	12,50	0,75	0	0	0	0	1,00	2,25	8,00	0,63	0	0	0	0,38	6,00	6
Poa.ann	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	1,13	0	0	0	0	0	0	2
<b>Jednoliścienne; Monocotyledonous</b>	<b>144,00</b>	<b>23,00</b>	<b>4,50</b>	<b>84,63</b>	<b>2,88</b>	<b>5,70</b>	<b>0,13</b>	<b>28,50</b>	<b>2,38</b>	<b>36,63</b>	<b>0,75</b>	<b>2,38</b>	<b>5,25</b>	<b>21,38</b>	<b>1,13</b>	<b>10,50</b>	<b>16</b>
Equ.arv	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0,13	0	1,88	0	0	13
<b>Skrzypy; Horsetail</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,25</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,13</b>	<b>0</b>	<b>1,88</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>
<b>Suma; Total</b>	<b>153,30</b>	<b>26,00</b>	<b>30,50</b>	<b>165,63</b>	<b>7,75</b>	<b>52,83</b>	<b>0,13</b>	<b>35,50</b>	<b>2,50</b>	<b>37,01</b>	<b>12,88</b>	<b>2,50</b>	<b>20,88</b>	<b>50,75</b>	<b>3,88</b>	<b>10,63</b>	<b>16</b>

\* dane z lat 1999–2001 publikowane; the results from the years 1999–2001 were published (Feledyn-Szewczyk 2003, Feledyn-Szewczyk i Duer 2004b)

## 8. LITERATURA

1. Adamczewski K., Dobrzański A.: Regulowanie zachwaszczenia w integrowanych programach uprawy roślin. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 1997, **37(1)**: 58-65.
2. Adamczewski K., Dobrzański A.: Znaczenie i możliwości wykorzystania metod agrotechnicznych i nie mechanicznych do regulowania zachwaszczenia w ekologicznej uprawie roślin. W: *Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych*, E. Matyjaszyk (red.). IOR, Poznań, 2008, s. 221-241.
3. Adamczewski K., Matysiak K.: Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. (Adamczewski K., Matysiak K. – tłumaczenie i adaptacja). Wyd. IOR, Poznań, 2005, ss. 134.
4. Adamiak E.: Weed infestation of cereals grown in specialized cereal rotations and monocultures. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult.*, 1992, **55**: 115-128.
5. Albrecht H. Changes in the arable weed flora of Germany during the last five decades. 9th Symp., EWRS, 1995, p. 41-48.
6. Albrecht H., Mattheis A.: The effects of organic and integrated farming on rare arable weeds on the Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) research station in southern Bavaria. *Biol. Conserv.*, 1998, **86**: 347-356.
7. Albrecht H.: Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2003, **98**: 201-211.
8. Altieri M.A.: The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 1999, **74**: 19-31.
9. Andreasen C., Stryhn H., Strebjig J.C.: Decline of the flora in Danish arable fields. *J. Appl. Ecol.*, 1996, **33**: 619-626.
10. Andreasen C., Stryhn H.: Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Res.*, 2008, **48**: 1-9.
11. Anderson R.L.: Managing weeds with a dualistic approach of prevention and control. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 2007, **2**: 13-18.
12. Andersson T.N., Milberg P.: Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation and nitrogen. *Weed Sci.*, 1998, **46**: 30-38.
13. Andrzejewski R., Weigle A.: Różnorodność biologiczna Polski. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska, Warszawa, 2003, ss. 284.
14. Anioł-Kwiatkowska J., Kącki Z., Śliwiński M.: Porównanie kompozycji gatunkowej trzech upraw wierzby energetycznej. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 19-34.
15. Anioł-Kwiatkowska J., Śliwiński M.: Obce rośliny energetyczne – zagrożenie dla flory Polski. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 35-44.
16. Armengot L., José-María L., Chamorro L. & Sans F.X.: Weed harrowing in organically grown cereal crops avoids yield losses without reducing weed diversity. *Agron. Sustain. Dev.*, 2012, DOI: 10.1007/s13593-012-0107-8.
17. Baessler C., Klotz S.: Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2006, **115(1-4)**: 43-50.
18. Balcerkiewicz S., Pawlak G.: Spontaneofity w zbiorowiskach segetalnych Polski. *Fragm. Agron.*, 2010, **27(3)**: 7-19.
19. Banaszak J.: Local changes in the population of wild bees. *Ochr. Przyr.*, 1997, **54**: 119-30.
20. Barberi P., Silvestri N., Bonari E.: Weed communities of winter wheat as influenced by input level and rotation. *Weed Res.*, 1997, **37**: 301-313.

21. Bengtsson J., Ahnström J., Weibull A.C.: The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *J. Appl. Ecol.*, 2005, **42**: 261-269.
22. Boczek J.: Typy powiązań między owadami a roślinami. *Post. Nauk Rol.*, 1977, **1**: 35-52.
23. Boller E.F., Häni F., Poehling H.M.: Ecological Infrastructures: Ideabook on Functional Biodiversity at the Farm Level., IOBC, 2004, pp. 212.
24. Bond W., Grundy A.C.: Non-chemical weed management in organic farming system. *Weed Res.*, 2001, **41**: 383-405.
25. Börjesson P.: Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden - I: Identification and quantification. *Biomass Bioenerg.*, 1999, **16**: 137-154.
26. Britt Ch.: Methodologies for ecological monitoring in bioenergy crops. A review and recommendations. Defra Project NF0408, 2003, pp. 63.
27. Budzyński W., Bielski S.: Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego. Cz. II. Biomasa jako paliwo stałe. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2004, **3(2)**: 15-26.
28. Bühler Ch., Roth T.: Spread of common species results in local-scale floristic homogenization in grassland of Switzerland. *Divers. Distrib.*, 2011, p. 1-10.
29. Chamberlain D.E., Fuller R.J., Bunce R.G.H., Duckworth J.C., Shrubbs M.: Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *J. Appl. Ecol.*, 2000, **37**: 771-188.
30. Charles H., Godfray J.: Food and biodiversity. *Science, Perspective, Ecology*, 2011, **333(6047)**: 1231-1232.
31. Chikowo R., Faloya V., Petit S., Munier-Jolian N.: Integrated Weed Management Systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2009, **132**: 237-242.
32. Christensen S.: Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Res.*, 1995, **35**: 241-247.
33. Chwastek E.: Bioróżnorodność gatunkowa chwastów w uprawach *Salix viminalis* L. na Pogórze Cieszyńskim. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 65-75.
34. Chylarecki P., Jawińska D., Kuczyński L.: Monitoring pospolitych ptaków lęgowych. Raport z lat 2003–2004. Warszawa, OTOP, 2006, ss. 30.
35. Cimlová S., Lososová Z.: Arable weed vegetation of the northeastern part of the Czech Republic: effects of environmental factors on species composition. *Plant Ecol.*, 2009, **203**: 45-57.
36. Cirujeda A., Aibar J., Zaragoza C.: Remarkable changes of weed flora in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. *Agron. Sustain. Dev.*, 2011, **31**: 675-688.
37. Clergue B., Amiaud B., Pervanchon F., Lasserre-Joulin F., Plantureux S.: Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 2005, **25(1)**: 1-15.
38. Cunningham M.D., Bishop J.D., McKay H.V., Sage R.B.: ARBRE monitoring – ecology of short rotation coppice. Department of Trade and Industry, URN 04/961, London, 2004, pp. 157.
39. Davies D.H.K., Welsh J.P.: Weed control in organic cereals and pulses. W: *Organic cereals and pulses*, D. Younie, B.R. Taylor, J.P. Welsh and J.M. Wilkinson (eds). Chalcombe Publications, Lincoln, 2001, p. 77-114.
40. Dąbkowska T., Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., Łabza T.: Zachwaszczenie upraw zbóż w gospodarstwach ekologicznym, konwencjonalnym i intensywnym na wybranych przykładach z Małopolski. *Pam. Puł.*, 2007, **145**: 5-16.
41. Dąbrowski Z.T.: Infrastruktura ekologiczna w IP. *Ochrona Roślin*, 2006, **1**: 28-30.

42. Dąbrowski Z.T., Wysocki Cz.: Potrzeba działań interdyscyplinarnych w ocenie znaczenia użytków ekologicznych i infrastruktury ekologicznej dla proekologicznej ochrony roślin. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 2009, **49(3)**: 973-981.
43. Derksen D.A., Thomas A.G., Lafond G.P., Loepky H.A., Swanton C.J.: Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Res.*, 1995, **35**: 311-320.
44. Deryło S., Szymankiewicz K.: Dynamika bioróżnorodności flory zachwaszczającej rośliny uprawiane w monokulturze wielogatunkowej zbożowej. *Acta Agrophysica*, 2003, **1(4)**: 623-630.
45. Didon U.M.E.: Variation between barley cultivars in early response to weed competition. *J. Agron. Crop Sci.*, 2002, **188**: 176-184.
46. Dobrzański A., Anyszka Z., Pałczyński J.: Biomasa chwastów w zależności od gatunku roślin warzywnych i sposobu uprawy. *Pam. Puł.* 2003, **134**: 51-58.
47. Dobrzański A., Adamczewski K.: Perspektywy wykorzystania nowych narzędzi i maszyn do regulacji zachwaszczenia w integrowanej i ekologicznej produkcji roślinnej. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 2006, **46(1)**: 11-18.
48. Dobrzański A., Adamczewski K.: Wpływ walki z chwastami na bioróżnorodność agrofitycenozy. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 2009, **49(3)**: 982-995.
49. Domaradzki 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.
50. Domaradzki K.: Stosowanie herbicydów w rolnictwie zrównoważonym. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **8**: 9-21.
51. Dostatny D.F., Małuszyńska E.: Skład gatunkowy chwastów podczas wegetacji i w materiale ze zbioru w uprawach ekologicznych i konwencjonalnych. *Pam. Puł.*, 2007, **145**: 43-59.
52. Doucet C., Weaver S.E., Hamill A.S., Zhang J.: Separating the effects of crop rotation from weed management on weed density and diversity. *Weed Sci.*, 1999, **47**: 729-735.
53. Drummond C.: ICM w Europie – właściwa droga postępu. W: *Integrowana produkcja w Polsce i w wybranych krajach europejskich. Mat. Konf.*, 12–13 grudnia 1995 r., wyd. SGGW, Warszawa, 1996, s. 56-64.
54. Duelli P., Obrist M.K.: Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2003, **98(1-3)**: 87-98.
55. Duer I.: Potencjał allelopatyczny biomasy niektórych gatunków chwastów w stosunku do siewek pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* var. *vulgare*). *Fragm. Agron.*, 1996a, **2(50)**: 6-56.
56. Duer I.: Zachwaszczenie i sposoby jego ograniczania w rolnictwie integrowanym. *Mat. Szkol.* 46/96, Wyd. IUNG-PIB, Puławy, 1996b, ss. 36.
57. Duer I., Feledyn-Szewczyk B.: Przewodnik ograniczania zachwaszczenia w gospodarstwie ekologicznym. Wyd. IUNG-PIB, Puławy, 2008, ss. 64.
58. Duer I., Feledyn-Szewczyk B.: Monitoring botaniczny w uprawach wieloletnich przeznaczonych na cele energetyczne. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 105-119.
59. Duer I., Fotyma M., Madej A.: *Kodeks dobrej praktyki rolniczej*. Wyd. FAPA, 2002, ss. 96.
60. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów.
61. Dzwonko Z.: *Przewodnik do badań fitosocjologicznych*. Sorus, Poznań-Kraków, 2007, ss. 312.

62. Eisele J.A., Köpke U.: Choice of cultivars in organic farming: New criteria for winter wheat ideotypes. *Pflanzenbauwissenschaften*, 1997, **1**: 19-24.
63. Erviö L.R.: The emergence of weeds in the field. *Ann. Agr. Fenn.*, 1981, **20**: 292-303.
64. Erviö L.R., Salonen J.: Changes in the weed population of spring cereals in Finland. *Ann. Agr. Fenn.*, 1987, **26**: 210-226.
65. EEA (European Environmental Agency): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment. EEA Report No 7, 2006, pp. 67.
66. Ewald J.A., Aebischer N.J.: Pesticide use, avian food resources and bird densities in Sussex. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, JNCC Report No 296, 1999, pp. 71.
67. Eyre M.D., Critchley C.N.R., Leifert C., Wilcockson S.J.: Crop sequence, crop protection and fertility management effects on weed cover in an organic/conventional farm management trial. *Eur. J. Agron.*, 2011, **34**: 153-162.
68. Faber A.: Przyrodnicze skutki uprawy roślin energetycznych. *Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy*, 2008, **11**: 43-54.
69. Faber A., Kuś J., Matyka M.: Uprawa roślin na potrzeby energetyki. Wyd. PKPP Lewiatan, Warszawa, 2009, ss. 29.
70. Falińska K.: Ekologia roślin. Wyd. PWN, Warszawa, 2004, ss.453.
71. Falińska K., Jankowska-Błaszczuk M., Szydłowska J.: Bank nasion w glebie a dynamika roślinności. *Wiad. Bot.*, 1994, **38(1/2)**: 35-46.
72. Feledyn-Szewczyk B.: Oddziaływanie systemu produkcji na skład gatunkowy chwastów w pszenicy ozimej i glebowy bank nasion. Praca doktorska, IUNG-PIB, Puławy, 2003, ss. 113 (maszynopis).
73. Feledyn-Szewczyk B.: Zmiany bioróżnorodności flory segetalnej w systemie ekologicznym w latach 1996–2007. *J. Res. Appl. Agr. Eng.*, 2008, **53(3)**: 63-68.
74. Feledyn-Szewczyk B.: Porównanie konkurencyjności współczesnych i dawnych odmian pszenicy ozimej w stosunku do chwastów. *J. Res. Appl. Agr. Eng.*, 2009, **54(3)**: 60-67.
75. Feledyn-Szewczyk B.: Zachwaszczenie odmian pszenicy jarej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji. *J. Res. Appl. Agr. Eng.*, 2011, **56(3)**: 71-76.
76. Feledyn-Szewczyk B.: The effectiveness of weed regulation methods in spring wheat cultivated in integrated, conventional and organic crop production systems. *J. Plant Prot. Res.*, 2012, **52(4)**: 486-493.
77. Feledyn-Szewczyk B., Duer I.: Oddziaływanie systemu produkcji na glebowy bank nasion. *Pam. Puł.*, 2004a, **138**: 19-33.
78. Feledyn-Szewczyk B., Duer I.: Oddziaływanie systemu produkcji na zachwaszczenie łąnu pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 2004b, **138**: 35-49.
79. Feledyn-Szewczyk B., Duer I.: Porównanie struktury zbiorowisk chwastów w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach produkcji za pomocą wskaźników ekologicznych. *Fragm. Agron.* 2006, **4**: 79-93.
80. Felten D., Emmerling Ch.: Effects of bioenergy crop cultivation on earthworm communities – A comparative study of perennial (*Miscanthus*) and annual crops with consideration of graded land-use intensity. *Appl. Soil Ecol.*, 2011, **49**: 167-177.
81. Flohre A., Rudnick M., Traser G., Tscharnkte T., Eggers T.: Does soil biota benefit from organic farming in complex vs. simple landscape? *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2011, **141(1-2)**: 210-214.
82. Frieben B., Köpke U.: Effect of farming systems on biodiversity. W: Biodiversity and Land Use: The Role of Organic Farming, J. Isart and J.J. Llerenea (eds). Proceedings of the first ENOF Workshop, Bonn, 1995, p. 11-21.

83. Frieben B.: Organic farming as a sustainable system - biodiversity in fields. In: Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry. Vol. I. Proc. Intern. Conference Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry, N. El Bassam, R.K. Behl and B. Prochnow (eds). London, James & James Ltd, 1998, p. 603-608.
84. Fried D., Norton L.R., Rebourd X.: Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2008, **128**: 68-76.
85. Fry D.A., Slater F.M., Rebourd X.: The effect on plant communities and associated taxa of planting short rotation willow coppice in Wales. *Aspects Appl. Biol.*, 2008, **90**: 287-293.
86. Fuller R.J., Norton L.R., Feber R.E., Johnson P.J., Chamberlain D.E., Joys A.C., Mathews F., Stuart R.C., Townsend M.C., Manley W.J., Wolfe M.S., Macdonald D.W., Firbank L.G.: Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biol. Lett.* 2005, **1**: 431-434.
87. Gaba S., Chauvel B., Dessaint F., Bretagnolle V., Petit S.: Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2010, **138 (3-4)**: 318-323.
88. Gabriel D., Thies C., Tschardt T.: Local diversity of arable weeds increases with landscape complexity. *Perspect. Plant Ecol., Evolution and Systematics*, 2005, **7**: 85-93.
89. Gawrońska-Kulesza A., Roszak W., Lenart S.: Stan fitosanitarny pszenicy ozimej i jęczmienia jarego uprawianych w monokulturze. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 1988, **331**: 291-295.
90. Gerowitt B.: Development and control of weeds in arable farming systems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2003, **98**: 247-254.
91. Gerowitt B., Bertke E., Hespelt S.K., Tute C.: Towards multifunctional agriculture – weeds as ecological goods? *Weed Res.*, 2003, **43**: 227-235.
92. Gniazdowska A.: Oddziaływanie allelopatyczne – „nowa broń” roślin inwazyjnych. *Kosmos*, 2005, **2-3(267-268)**: 221-226.
93. Gołębiowska H.: Dynamika występowania flory segetalnej w uprawie kukurydzy na Dolnym Śląsku w latach 1972-2008 i obecne możliwości jej regulacji. *Monografie i Rozprawy Naukowe*, Wyd. IUNG-PIB, Puławy, 2011, **30**: 7-113.
94. Hald A.B.: Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark. *Ann. Appl. Biol.*, 1999, **14**: 307-314.
95. Hammer O.: PAST. Paleontological Statistics, version 2.17. Reference manual, 2012, ss. 229.
96. Heller K., Adamczewski K.: Zmiany w zachwaszczeniu wywołane zmianami w agrotechnice roślin i zmianami klimatycznymi. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 2002, **42(1)**: 349-357.
97. Herzog F., Balázs K., Dennis P., Friedel J., Geijzendorffer I., Jeanneret P., Kainz M., Pointereau P.: Biodiversity Indicators for European Farming Systems. A Guidebook. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, 2012, pp. 105.
98. Heynitz K., Merckens G.: Ogród biodynamiczny. Naturalne metody uprawy w ogrodzie. PWRiL, Warszawa, 1992, ss. 278.
99. Hillebrand H., Matthiessen B.: Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research. *Ecol. Lett.*, 2009, **12**: 1405-1419.
100. Hoard S., Topp C., Davies K.: Selection of cereals for weed suppression in organic agriculture: a method based on cultivar sensitivity to weed growth. *Euphytica*, 2008, **163**: 355-366.
101. Hóchoł T.: Chwasty czy rośliny towarzyszące uprawom. *Pam. Puł.*, 2003, **134**: 90-96.



102. Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D., Alexander I.H., Grice P.V., Evans A.D.: Does organic farming benefit biodiversity? *Biol. Conserv.*, 2005, **122**: 113-130.
103. Hołdyński Cz., Korona A., Jastrzębski W., Korona E.: Zachwaszczenie pól w różnych systemach uprawy. *Pam. Puł.*, 2000, **122**: 149-159.
104. Hyvönen T., Salonen J.: Weed species diversity and community composition in cropping practices at two intensity levels – a six-year experiment. *Plant Ecol.*, 2002, **159**: 73-81.
105. Hyvönen T., Ketoja E., Salonen J., Jalli H., Tiainen J.: Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2003, **97**: 131-149.
106. Hyvönen T.: Can conversion to organic farming restore the species composition of arable weed communities? *Biol. Conserv.*, 2007, **137**: 382-390.
107. Hyvönen T., Huusela-Veistola E.: Arable weeds as indicators of agricultural intensity – a case study from Finland. *Biol. Conserv.*, 2008, **141**: 2857-2864.
108. Jakubiak S., Adamczewski K.: Zachwaszczenie zbóż ozimych w warunkach intensywnej uprawy. *Pam. Puł.*, 2007, **145**: 105-113.
109. Janczak-Tabaszewska D., Tyburski J.: Zachwaszczenie pszenicy jarej i ziemniaków w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych. W: *Porównanie Ekologicznych i Konwencjonalnych Gospodarstw Rolnych w Polsce*, M. Górny (red.). Wyd. SGGW, Warszawa, 1999, s. 49-54.
110. Jastrzębska M., Bogucka B., Hruszka M.: Następstwo roślin i proekologiczne sposoby regulacji zachwaszczenia a bioróżnorodność chwastów w bobiku. *Acta Agroph.*, 2007, **10(2)**: 357-371.
111. Jezierska-Domaradzka A., Domaradzki K.: Roślinność towarzysząca uprawom *Salix viminalis* L. na siedlisku łąkowym w Muchowie na Pogórzu Kaczawskim. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 129-136.
112. Jędruszczak M., Bojarczyk M., Smolarz H., Antoszek R.: Biomasa gatunków chwastów w pierwszym roku wyłączenia pola uprawnego z produkcji jako źródło substancji organicznej w glebie. *Pam. Puł.*, 2003, **134**: 105-112.
113. Jędruszczak M., Antoszek R.: Sposoby uprawy roli a bioróżnorodność zbiorowisk chwastów w monokulturze pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2004, **3(2)**: 47-59.
114. Jodl S., Eppel-Hotz A., Marzini K.: Examination of the ecological value of *Miscanthus* expanses – faunistic studies. W: *Biomass for energy and the environment: Proc. 10<sup>th</sup> European Bioenergy Conference*, H. Kopetz, T. Weber, W. Palz, P. Chartier and G.L. Ferrero (eds). Würzburg, Germany: C.A.R.M.E.N., 1998, p. 778-779.
115. Jongman R.H.G., ter Braak C.J.H., van Tongeren D.F.R. (eds.): *Data analysis in community and landscape ecology*. Pudoc., Wageningen, 1987, pp. 295.
116. Jordan V.W.L.: Opportunities and constraints for integrated farming system. *Proc. 2<sup>nd</sup> ESA Congress*, Warwick Univ., 1992, p. 318-325.
117. José-Maria L., Armengot L., Blanco-Moreno J.M., Bassa M., Sans F.: Effects of agricultural intensification on plant diversity in Mediterranean dryland cereal fields. *J. Appl. Ecol.*, 2010, **47**: 832-840.
118. Kaczmarek S.: Wykorzystanie potencjału allelopatycznego roślin w wybranych uprawach rolniczych. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Rośl.*, 2009, **49(3)**: 1504-1511.
119. Kapeluszy J.: Kształtowanie się struktury plonu i ładu jęczmienia jarego i jarej pszenicy w zależności od stopnia zachwaszczenia. XVII Krajowa Konferencja „Przyczyny i źródła zachwaszczenia pól uprawnych”. Olsztyn-Bęsia, ART Olsztyn, 1994, s. 95-100.

120. Kapeluszny J., Haliniarz M.: Zachwaszczenie zbóż uprawianych w gospodarstwach ekologicznych na Lubelszczyźnie. Pam. Puł., 2000, **122**: 39-49.
121. Kapeluszny J.: Zachwaszczenie łąki zbóż jarych w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu i oszczędnego stosowania herbicydów. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 2002, **42**: 483-485.
122. Karley A., Hawes C., Valentine T., Johnson S., Toorop P., Squire G., Young M., Ianetta P.: Can arable weeds contribute to ecosystem service provision? Functional diversity in Shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris* L. Medik.). Aspects Appl. Biol., 2011, **109**: 31-38.
123. Kent M., Coker P.: Vegetation description and analysis: a practical approach. Belhaven Press, London, UK, 1992, pp. 363.
124. Kleijn D., Sutherland W.J.: How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? J. Appl. Ecol., 2003, **40**: 947-969.
125. Knop E., Kleijn D., Herzog F., Schmid B.: Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. J. Appl. Ecol., 2006, **43**: 120-127.
126. Kocón A., Matyka M.: Phytoextractive potential of *Miscanthus giganteus* and *Sida hermaphrodita* growing under moderate pollution of soil with Zn and Pb. J. Food Agric. Environ., 2012, **10(2)**: 1253-1256.
127. Kolb L.N., Gallandt E.R.: Weed management in organic cereals: advances and opportunities. Org. Agricult., 2012, **2**: 23-42.
128. Korniak T.: Flora segetalna północno-wschodniej Polski, jej przestrzenne zróżnicowanie i współczesne przemiany. Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., Agricult., 1992, **53** Suppl. A: 5-76.
129. Korniak T.: Zachwaszczenie upraw wierzby w północno-wschodniej Polsce. Pam. Puł., 2007, **145**: 141-149.
130. Korniak T., Hołdyński Cz.: Charakterystyka flory segetalnej północno-wschodniej części Polski. W: Mat. Konf. „Przyczyny i źródła zachwaszczenia pól uprawnych”, ART Olsztyn, 28–29.06.1994, s. 7-12.
131. Korniak T., Hołdyński Cz., Wąsowicz K.: Przemiany flory chwastów upraw wierzby w północno-wschodniej Polsce. Pam. Puł. 2009, **150**: 159-170.
132. Kostrzewska M.K., Wanic M., Jastrzębska M., Nowicki J.: Wpływ zycicy wielokwiatowej jako wsiewki międzyplonowej na różnorodność zbiorowisk chwastów w jęczmieniu jarym. Fragm. Agron., 2011, **28(3)**: 42-52.
133. Kościk B., Ziemińska-Smyk M.: Zbiorowiska chwastów w wieloletnich roślinach energetycznych. Pam. Puł., 2009, **150**: 171-180.
134. Kovach W.L.: MVSP version 3. Kovach Computing Services Pentraeth, UK, 2011, pp. 112.
135. Kovacs-Lang E., Simpson I.C.: Biodiversity measurements and indicators for long-term integrated monitoring. No LIMITS. Report No 6, 2000, pp. 24.
136. Kozłowski S.: Ochrona różnorodności biologicznej i geobioróżnorodności jako element zrównoważonego rozwoju Europy. W: Problemy organizacji i funkcjonowania systemu ostoi siedliskowych Natura 2000 w Polsce, T.J. Chmielewski (red). Zesz. Nauk. PAN, 2004, **38**: 13-34.
137. Krajowa strategia ochrony i zrównoważonego użytkowania różnorodności biologicznej wraz z Programem działań na lata 2007–2013. Załącznik do uchwały nr 270/2007 Rady Ministrów z dnia 26.10.2007.
138. Krasowicz S.: W Polsce powinno dominować rolnictwo zrównoważone. W: Mat. I Kongresu Nauk Rolniczych „Przyszłość sektora rolno-spożywczego i obszarów wiejskich”, IUNG-PIB Puławy, 2009, s. 21-38.

139. K r a s o w i c z S., K o p i ń s k i J.: Wpływ warunków przyrodniczych i organizacyjno-ekonomicznych na regionalne zróżnicowanie rolnictwa w Polsce. Raporty IUNG-PIB Puławy, 2006, **3**: 81-99.
140. K r a w c z y k R.: Kierunki zmian zachwaszczenia – szanse i zagrożenia. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 2005, **45(1)**: 233-241.
141. K r a w c z y k R., K a c z m a r e k S., K a n i u c z a k Z.: Wybrane metody agrotechniczne regulacji zachwaszczenia pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji. W: Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych, E. Matyjaszczyk (red.), Wyd. IOR, Poznań, 2008, s. 242-249.
142. K r a w c z y k R., M a t y s i a k K., K i e r z e k R., K a c z m a r e k S., H o r o s z k i e w i c z - J a n k a J.: Kształtowanie zachwaszczenia w uprawie pszenicy ozimej w okresie konwersji gruntów na metodę ekologiczną. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2010, **55(3)**: 195-199.
143. K u c h a r s k i M., S a d o w s k i J.: Znaczenie adiuwantów w chemicznej ochronie roślin. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **8**: 77-86.
144. K u n d z e w i c z W., K o z y r a J.: Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. Polish J. Agron., 2011, **7**: 68-81.
145. K u ś J.: Systemy gospodarowania w rolnictwie. Rolnictwo integrowane. Mat. Szkol. 42/95, IUNG Puławy, 1995a, ss. 28.
146. K u ś J.: Systemy gospodarowania w rolnictwie. Rolnictwo ekologiczne. Mat. Szkol. 45/95, IUNG Puławy, 1995b, ss. 62.
147. K u ś J.: Wstępne porównanie trzech systemów produkcji roślinnej (konwencjonalny, integrowany i ekologiczny). Roczn. AR w Poznaniu, Rolnictwo, 1998 (**52**), **II**: 169-182.
148. K u ś J.: Zasady agrotechniki w gospodarstwach ekologicznych. W: Przyrodnicze aspekty rolnictwa ekologicznego i jakość jego produktów, H. Runowski (red.). Wyd. SGGW, Warszawa, 1999, s. 49-78.
149. K u ś J., M r ó z A.: Stan fitosanitarny i plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji roślinnej. Roczn. AR w Poznaniu, Ogrodnictwo, 2000, **30**: 69-76.
150. K u ś J., S t a l e n g a J.: Perspektywy rozwoju różnych systemów produkcji rolnej w Polsce. Biul. IHAR, 2006, **242**: 15-25.
151. K u ś J., F a b e r A., S t a s i a k M., K a w a l e c A.: Produkcyjność wybranych gatunków roślin uprawianych na cele energetyczne w różnych siedliskach. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2008, **11**: 67-80.
152. K u ś J., J o ń c z y k K., S t a l e n g a J., F e l e d y n - S z e w c z y k B., M r ó z A.: Plonowanie wybranych odmian pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2010, **55(3)**: 219-223.
153. K u t y n a I., M a l i n o w s k a K.: Struktura geograficzno-historyczna flory zbiorowisk upraw zbóż ozimych i kilkunastoletnich odłogów. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech., 2011, **283(17)**: 31-40.
154. K w i a t k o w s k a A.J., S y m o n i d e s E.: Statistical analysis of the phytocoenose homogeneity. Part I. Distribution of the total species diversity and evenness indices as a homogeneity measure. Acta Soc. Bot. Pol., 1985, **54(4)**: 449-463.
155. K w i a t k o w s k i C., W e s o ł o w s k i M., S t ę p i e ń A.: Bioróżnorodność chwastów w trzech odmianach jęczmienia jarego uprawianych w siedmioletniej monokulturze i zmianowaniu. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2004, **3(2)**: 109-117.
156. K w i a t k o w s k i C.: Weed infestation structure and biomass productivity of winter wheat and weeds depending on crop sequence system and protection method. Annales UMCS, Agricultura, 2009, **64(3)**, 69-78.

157. Lampkin N.: Organic farming. Farming Press Books, United Kingdom, 1990, pp. 701.
158. Latowski K.: Problem pospolitych chwastów segetalnych Polski. Prog. Plant. Protection/Post. Ochr. Roślin, 2002, **42(1)**: 392-399.
159. Lemerle D., Verbeek B., Cousens R.D., Coombes N.E.: The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. Weed Res., 1996, **36**: 505-513.
160. Lepš J., Šmilauer P.: Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge, 2003, pp. 269.
161. Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Scurlock J.M.O., Huismann W.: Miscanthus: European experience with a novel energy crop. Biomass Bioenerg., 2000, **19**: 209-227.
162. Lipa J.J., Bartkowski J.: Dobra praktyka ochrony roślin – rekomendacje EPPO. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 1996, **36(1)**: 81-87.
163. Łęgowiak Z., Kurzeja G., Leska L., Domańska H.: Wpływ zmianowania na zachwaszczenie pól. W: Mat. Symp. „Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych”, 25–26 czerwca Wrocław, IUNG Puławy, 1987, s. 104-114.
164. Mahn E.G.: Changes in the structure of weed communities affected by agro-chemicals – what role does nitrogen play? Ecol. Bull., 1988, **39**: 71-73.
165. Magurran A.E.: Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1988, pp. 179.
166. Majewski E.: Ekonomiczne, środowiskowe i społeczne przesłanki upowszechnienia systemu integrowanej produkcji w rolnictwie. W: Integrowana produkcja drogą do żywności bezpiecznej i o wysokiej jakości. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 2005, s. 81-94.
167. Majtkowski W.: Problemy powstania rynku biomasy w Polsce. Probl. Inż. Rol., 2007, **1**: 155-162.
168. Marczevska K., Rola H.: Identyfikacja odpornych na chlorosulfuron biotypów *Apera spica-venti* i *Centaurea cyanus* oraz sposoby ich chemicznego zwalczania w pszenicy ozimej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 2006, **46(1)**: 215-222.
169. Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R., Ward L.K.: The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Res., 2003, **43(2)**: 77-89.
170. Melander B., Rasmussen I.A., Barberi P.: Integrating physical and cultural methods of weed control – examples from European research. Weed Sci., 2005, **53**: 369-381.
171. Miklaszewska K., Adamczewski K.: Czy chwasty są dobrem ekologicznym? Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Rośl., 2004, **44(1)**: 240-247.
172. Milberg P., Hallgren E.: Yield loss due to weeds in cereals and its large-scale variability in Sweden. Field Crop. Res., 2004, **86**: 199-209.
173. Mirek Z., Piekosz-Mirkowa H., Zając A., Zając M.: Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski. W: Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 2002, pp. 442.
174. Moreby S.J., Aebischer N.J., Souhway S.E., Sotherton N.W.: A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter wheat in southern England. Ann. Appl. Biol., 1994, **125**: 13-27.
175. Murphy C.E., Lemerle D.: Continuous cropping systems and weed selection. Euphytica, 2006, **148**: 61-73.
176. O'Donovan J.T., Blackshaw R.E., Harker K.N., Clayton G.W., McKenzie R.: Variable plant establishment contributes to differences in competitiveness with wild oat among wheat and barley varieties. Can. J. Plant Sci., 2005, **85**: 771-776.

177. Odum E.P., Park T.Y., Hutcheson K.: Comparison of the weedy vegetation in old-fields and crop-fields on the same site reveals that following crop fields does not result in seedbank buildup of agricultural weeds. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 1994, **49**: 247-252.
178. Owczarczuk A., Snarska K., Jędruszczak M.: Odmiana a zachwaszczenie łąki żyta ozimego. *Prog. Plant. Protection/Post. Ochr. Rośl.*, 2005, **45**: 970-973.
179. Pacini C., Wossik A., Giesen G., Vazzana C., Huirne R.: Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2003, **95**: 273-288.
180. Parsons D.J., Benjamin L.R., Clarke J., Ginsburg D., Mayes A., Milne A.E., Wilkinson D.J.: Weed Manager – A model-based decision support system for weed management in arable crops. *Comput. Elec. Agr.*, 2009, **65**: 155-167.
181. Parylak D., Zawieja J., Jędruszczak M., Stupnica-Rodzyńkiewicz E., Dąbkowska T., Snarska K.: Wykorzystanie zasiewów mieszanych, własności odmian lub zjawiska allelopatii w ograniczaniu zachwaszczenia. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Rośl.*, 2006, **46(1)**: 33-44.
182. Pawłowski F., Deryło S., Wesołowski M.: Dynamika zachwaszczenia pszenicy ozimej w wielogatunkowej monokulturze zbożowej. W: *Dynamika zachwaszczenia pól uprawnych*. Mat. Symp., 25–26 czerwca, IUNG Wrocław, 1987, s. 208-220.
183. Pawłowski F., Wesołowski M.: Plonowanie i zachwaszczenie roślin następczych uprawianych po wieloletniej monokulturze jęczmienia jarego. *Ann. UMCS, Sec. E, Agricultura*, 1988, **1**: 1-9.
184. Petit S., Boursault A., Le Guilloux M., Munier-Jolain N., Reboud X.: Weeds in agricultural landscape. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 2011, **31**: 309-317.
185. Piffner L., Luka H.: Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders – a paired farm approach. *Basic Appl. Ecol.*, 2003, **4**: 117-127.
186. Phalan B., Onial M., Balmford A., Green R.E.: Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science*, 2011, **333(6047)**: 1289-1291.
187. Pielou E.C.: The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 1966, **13**: 131-144.
188. Piernik A.: Zastosowanie metod numerycznych w ekologii. *UMK Toruń*, 2012, ss. 113.
189. Piórek K., Krechowski J., Ciosek M.T., Sikorski R.: Wpływ wybranych czynników na skład florystyczny fitocenozy wykształcającej się w uprawach wierzby energetycznej. *Pam. Puł.* 2009, **150**: 219-223.
190. Praczyk T., Adamczewski K.: Integrowany system zwalczania chwastów w uprawach rolniczych. *Mat. XXXIV Sesji Naukowej IOR*, 1994, **1**: 82-89.
191. Pruszyński S.: Ochrona roślin w różnych systemach produkcji a różnorodność biologiczna. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Rośl.*, 2009, **49 (3)**: 1091-1101.
192. Przewodnik po programie rolnośrodowiskowym 2007-2013. *Wyd. MRiRW, Warszawa*, 2009, 1-32.
193. Pysek P., Jarosik V., Kropac Z., Chytrý M., Wild J., Tichý L.: Effects of abiotic factors on species richness and cover in Central European weed communities. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2005, **109**: 1-8.
194. Raport o stanie rolnictwa ekologicznego w Polsce w latach 2009–2010. *IJHARS, Warszawa*, 2011, ss. 88.

195. Ratajkiewicz H., Krawczyk R., Kierzek R., Werner M., Karolewski Z.: Perspektywy regulacji zachwaszczenia upraw polowych z wykorzystaniem mikroorganizmów w integrowanej ochronie roślin. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 2011, **51** (3): 1269-1281.
196. Rigby D., Cáceres D.: Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agric. Syst.*, 2001, **68**: 21-40.
197. Rola J., Rola H.: Strategia postępu w herbologii. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 1997, **37**(1): 66-71.
198. Rola J., Rola H., Badowski M.: Zbiorowiska segetalne na polach gospodarstw ekologicznych i tradycyjnych Dolnego Śląska. *Pam. Puł.*, 2000, **122**: 21-29.
199. Rola H.: Ekologiczne i produkcyjne aspekty ochrony roślin przed chwastami. *Pam. Puł.*, 2002, **30**: 635-645.
200. Rola J., Sekutowski T., Rola H., Badowski M.: Problem zachwaszczenia plantacji wierzy krzewiastej – *Salix viminalis*. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2006, **46** (1): 81-87.
201. Rola H., Marczevska K., Kucharski M.: Zjawisko odporności chwastów na herbicydy w uprawach rolniczych. *Studia i Raporty IUNG-PIB Puławy*, 2007a, **8**: 29-40.
202. Rola J., Sekutowski T., Rola H., Badowski M.: Bioróżnorodność zbiorowisk chwastów na plantacjach wierzy krzewiastej (*Salix viminalis* L.) na terenie województwa dolnośląskiego i opolskiego. *Pam. Puł.*, 2007b, **145**: 165-175.
203. Rola J., Sekutowski T., Rola H., Badowski M.: Problem chwastów na nowo zakładanych plantacjach *Miscanthus giganteus*. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 233-246.
204. Rolnictwo ekologiczne w Polsce. Protokół dostępu: [www.minrol.gov.pl/pol/Jakosc-zywnosci/Rolnictwo-ekologiczne/Rolnictwo-ekologiczne-w-Polsce](http://www.minrol.gov.pl/pol/Jakosc-zywnosci/Rolnictwo-ekologiczne/Rolnictwo-ekologiczne-w-Polsce) [30.11.2012].
205. Roschewitz I., Gabriel D., Tscharnatke T., Thies C.: The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *J. Appl. Ecol.*, 2005, **42**: 873-882.
206. Rosin Z.M., Takacs V., Báldi A., Banaszak-Cibicka W., Dajdok Z., Dolata P. T., Kwieciński Z., Łangowska A., Moroń D., Skórka P., Tobółka M., Tryjanowski P., Wuczyński A.: Koncepcja świadczeń ekosystemowych i jej znaczenie w ochronie przyrody krajobrazu rolniczego. *Chrońmy Przyr. Ojcz.*, 2011, **67**(1): 3-20.
207. Roth T., Amrhein V., Peter B., Weber D.: A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2008, **125**: 167-172.
208. Rowe R.L., Street N.R., Taylor G.: Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renew Sustain. Energy Rev.*, 2009, **13**: 271-290.
209. Rozporządzenie Rady nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych, uchylające Rozporządzenie (EWG) nr 2092/91 (Dz. Urz. UE L 189 z dnia 20.07.2007 r., ze zm.)
210. Rutkowski L.: Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. PWN Warszawa, 2007, 1-822.
211. Sage R.B., Robertson P.A., Poulson J.G.: Enhancing the conservation value of short rotation biomass coppice - Phase 1 the identification of wildlife conservation potential. ETSU B/W5,0027/REP. DTI, 1994, ss. 119.
212. Sage R.B.: Short rotation coppice for energy: towards ecological guidelines. *Biomass and Bioenergy*, 1998, **15**: 39-47.
213. Sage R.B.: Weed competition in willow coppice crops: the cause and extent of yield losses. *Weed Res.*, 1999, **39**: 399-411.

214. Seavers G.P., Wright K.J.: Crop canopy development and structure influence weed suppression. *Weed Res.*, 1999, **39**: 319-328.
215. Sekutowski T., Domaradzki K.: Bioróżnorodność gatunkowa chwastów w monokulturze pszenicy ozimej w warunkach stosowania uproszczeń w uprawie roli. *Fragm. Agron.*, 2009, **26(4)**: 160-169.
216. Sekutowski T., Badowski M.: Zróżnicowanie zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.) w zależności od warunków glebowych siedliska. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2007, **47(4)**: 371-378.
217. Sekutowski T., Rola J., Rola H., Badowski M.: Wykorzystanie niektórych herbicydów do regulacji zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.). *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2007, **47(4)**: 379-391.
218. Sekutowski T., Bortniak M.: Wykorzystanie mikrobiotestu Phytotoxkit w wykrywaniu potencjału allelopatycznego mozgi trzcinowatej (*Phalaris arundinacea*), *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2009, **54(4)**: 88-93.
219. Sekutowski T., Rola J.: Zbiorowiska chwastów i ich zwalczanie na plantacji *Miscanthus giganteus*. *Weed associations and weed control on a Miscanthus giganteus plantation*. *Biul. IHAR*, 2009, **253**: 331-340.
220. Sekutowski T., Rola J., Kaus A.: Zbiorowiska chwastów występujące na nowo zakładanych plantacjach roślin wykorzystywanych na cele energetyczne i metody ich ograniczania. W: *Produkcja biomasy – wybrane problemy*. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 2009, s. 40-47.
221. Semere T., Slater F.M.: Ground flora, small mammal and bird species diversity in miscanthus (*Miscanthus × giganteus*) and reed canary grass (*Phalaris arundinacea*) fields. *Biomass and Bioenergy*, 2007, **31(1)**: 20-29.
222. Seufert V., Ramankutty N., Foley J.A.: Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 2012, **485**, 229-232.
223. Shannon C.E.: A mathematical theory of communications. *Bell Syst. Tech. J.*, 1948, **27**: 379-423.
224. Sienkiewicz J.: Koncepcje bioróżnorodności – ich wymiary i miary w świetle literatury. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2010, **45**: 7-29.
225. Simpson E.H.: Measurement of diversity. *Nature*, 1949, **168**: 668.
226. Simpson R.L., Allessio Leck M., Parker V.T.: Seed Banks: General Concepts and Methodological Issues. W: *Ecology of Soil Seed Banks*, Allessio Leck M., Parker V.T., Simpson R.L. (eds), Academic Press, Inc. 1989, Chapter 1: 3-8.
227. Skrajna T., Skrzyczyńska J., Rzymowska Z., Affek-Starczewska A.: Skład i struktura zbiorowisk zachwaszczających *Salix* sp. w północnej części niziny południowo-podlaskiej. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 255-264.
228. Skrzyczyńska J., Rzymowska Z.: Zachwaszczenie zbóż w gospodarstwach ekologicznych i tradycyjnych Podlasia Zachodniego. *Pam. Puł.*, 2000, **122**: 51-58.
229. Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P., Panasiewicz K.: Możliwości zwalczania chwastów w pierwszym roku uprawy wikliny. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2008, **48(2)**: 669-673.
230. Slaughter D.C., Giles D.K., Downey D.: Autonomous robotic weed control systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2008, **61**: 63-78.
231. Smith H.G., Firbank L.G., Macdonald D.W.: Uncropped edges of arable fields managed for biodiversity do not increase weed occurrence in adjacent crops. *Biol. Conserv.*, 1999, **89**: 107-111.

232. Smith H.G., Öckinger E., Rundlöf M.: Biodiversity and the landscape ecology of agri-environment schemes. *Aspects of Applied Biology*, 2010, **100**: 225-232.
233. Sobisz Z., Ratusznik I.: Flora naczyniowa upraw *Salix viminalis* L., *Helianthus tuberosus* L. i *Rosa multiflora* Thunb. na Pomorzu Środkowym. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 307-322.
234. Sobótka W.: Alleloherbicydy - wczoraj i dziś. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 1997, **37(1)**: 50-57.
235. Sobótka W.: Herbicydy - wczoraj i dziś. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 1999, **39(1)**: 218-223.
236. Stalenga J., Jończyk K., Kuś J.: Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, **59(1)**: 383-389.
237. Statgraphics Plus for Windows, version 2.1., Statistical Graphics Corporation, 1996, Rockville, USA.
238. Stevenson F.C., Johnston A.M., Brandt S.A., Townley-Smith L.: An assessment of reduced herbicide and fertilizer inputs on cereal grain yield and weed growth. *Am. J. Alternative Agr.*, 2000, **15(2)**: 60-67.
239. Stolze M., Piorek A., Häring A., Dabbert S.: The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe. *Organic Farming in Europe: Economics and Policy*, Stuttgart, University of Hohenheim, 2000, **6**: 23-90.
240. Storkey J., Meyer S., Still K.S., Leuschner C.: The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proc. R. Soc. B.*, 2012, **279**: 1421-1429.
241. Strategia zrównoważonego rozwoju Polski do roku 2025. *Monitor Polski nr 8 z dn. 11 marca 1999*, poz. 96.
242. Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa na lata 2012–2020. *Monitor Polski z dn. 9 listopada 2012*, poz. 839.
243. Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., Hochół T., Kamińska A., Hura T., Skoczkowski A.: Wpływ biomasy chwastów na początkowy wzrost siewek trzech gatunków zbóż i ogólną zawartość związków fenolowych w glebie. Cz. I. Wpływ zróżnicowanych dawek biomasy chwastów na początkowy wzrost siewek. *Pam. Puł.*, 2003, **134**: 217-224.
244. Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., Stępnik K., Lepiarczyk A.: Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2004, **3 (2)**: 235-245.
245. Szczukowski S., Tworkowski J., Piechocki J.: Nowe trendy wykorzystania biomasy pozyskiwanej na gruntach rolniczych do wytwarzania energii. *Post. Nauk. Rol.*, 2001, **6**: 87-96.
246. Szeflińska D., Jastrzębski A., Karg J.: Impact of different crop management systems on the richness of the communities of the above ground insects and soil insect larvae. *Bull. Pol. Acad. Sci., Biol. Sci.*, 2003, **51(1)**: 35-50.
247. ter Braak C.J.F., Smilauer P.: CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 2002, 1-500.
248. Thill D.C., Lish J.M., Callihan R.H., Bechinski E.J.: Integrated weed management – a component of integrated pest management: a critical review. *Weed Technol.*, 1991, **5**: 648-656.
249. Tillett N.D., Hague T., Grundy A.C., Dedousis A.P.: Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosystems Engineering*, 2008, **99**: 171-178.



250. Tokarska-Guzik B.: The establishment and spread of alienplant species (kenophytes) in the flora of Poland. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2005, **2372**: 192.
251. Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając M., Urbisz A., Danielewicz W.: Identyfikacja i kategoryzacja roślin obcego pochodzenia jako podstawa działań praktycznych. W: Z. Kącki i E. Stefańska-Krzaczek (red.), Synantropizacja w dobie zmian różnorodności biologicznej. Acta Botanica Silesiaca, 2011, **6**: 23-53.
252. Trąba Cz., Majda J., Wolański P.: Zbiorowiska roślinne towarzyszące plantacjom *Salix cordata* „Americana” Hort. i *Salix viminalis* L. w województwie podkarpackim. Pam. Puł., 2007, **145**: 221-231.
253. Trąba Cz., Majda J., Wolański P.: Zbiorowiska roślinne towarzyszące plantacjom *Salix viminalis* L. na terenie województwa podkarpackiego. Pam. Puł., 2009, **150**: 323-336.
254. Trąba Cz., Wolański P.: Łąki naturalne jako pożytki dla pszczół. Zesz. Nauk AR Wrocław, 1999, **361**: 251-256.
255. Tryjanowski P., Dajok Z., Kujawa K., Kałuski T., Mrówczyński M.: Zagrożenia różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym: czy badania wykonywane w Europie Zachodniej pozwalają na poprawną diagnozę w Polsce?, Polish J. Agron., 2011, **7**: 113-119.
256. Trzcicka-Tacik H.: Zmiany we florze chwastów polnych – ziół leczniczych na terenie doliny Wierzbanówki na Pogórze Wielickim w latach 1979–2002. Pam. Puł., 2003a, **134**: 247-252.
257. Trzcicka-Tacik H.: Znaczenie różnorodności gatunkowej chwastów segetalnych. Pam. Puł., 2003b, **134**: 253-262.
258. Tschardt T., Klein A.M., Kruess A., Steffan-Dewenter I., Thies C.: Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. Ecol. Lett., 2005, **8**: 857-874.
259. Tuomisto H.L., Hodge I.D., Riordan P., Macdonald D.W.: Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. Agric. Syst., 2012, **108**: 42-49.
260. Twardowski J.P., Pastuszko K.: Siedliska brzeżne w agrocenoze pszenicy ozimej jako rezerwuary pożytecznych biegaczowatych (Col. Carabidae). J. Res. Appl. Agric. Eng., 2008, **53 (4)**: 123-127.
261. Tyburski J., Rychcik B.: Zachwaszczenie pszenicy ozimej w gospodarstwie ekologicznym i konwencjonalnym na Pojezierzu Elckim. Pam. Puł., 2007, **145**: 233-241.
262. Tyr Š., Lacko-Bartosova M.: Weed infestation of spring barley in integrated and ecological arable farming systems. Proc. V Congress of ESA, Nitra, The Slovak Republic, 1998, **I**: 129-130.
263. Tyser L., Hamouz P., Novakova K.: Weed species diversity of agrophytocenoses under different farming systems. Bibliotheca Fragn. Agron., 2006, **11(II)**: 597-598.
264. United Nation 1992. Convention on Biological Diversity, Rio de Janeiro, 5 June 1992, United Nation Treaty Series. **1760**, I-30619: 143-382.
265. Urmiler U.: Changes in earthworm populations during conversion from conventional to organic farming. Agric. Ecosyst. Environ., 2010, **135(3)**: 194-198.
266. Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz. U. 04.92.880 z 30.04.2004, art. 120, ust. 1 i 2).
267. Ustawa o rolnictwie ekologicznym z dnia 25 czerwca 2009 r. (Dz. U. z 2009 r., Nr 116, poz. 975).
268. Valone T.J., Hoffman C.D.: Population stability is higher in more diverse annual plant communities. Ecol. Lett., 2003, **6**: 90-95.

269. van der Maarel E.: Multivariate analysis in plant ecology. W: Metody numeryczne w badaniach struktury i funkcjonowania szaty roślinnej, E. Kaźmierczak (red.). V Szkoła i XLVI Seminarium Geobotaniczne Polskiego Towarzystwa Botanicznego. UMK Toruń, 1998, s. 65-108.
270. van Elsen T.: Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2000, **77**: 101-109.
271. van Heemst H.D.J.: The influence of weed competition on crop yield. *Agric. Syst.*, 1985, **18**: 81-93.
272. Vijnands F.G.: Wielofunkcyjne metody w integrowanym systemie produkcji roślinnej w Holandii. W: Integrowana produkcja w Polsce i w wybranych krajach Europejskich. Mat. Konf. Warszawa, 12–13 grudnia 1995, SGGW Warszawa, 1996, 23-36.
273. Wanic M., Jastrzębska M., Kostrzevska M.K., Nowicki J.: Analiza zbiorowisk chwastów za pomocą wybranych wskaźników biologicznych. *Acta Agrobot.*, 2005, **58(1-2)**: 229-244.
274. Weibull A.Ch., Östman Ö., Granquist Å.: Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodivers. Conserv.*, 2003, **12**: 1335-1355.
275. Weiner J., Griepentrog H.W., Kristensen L.: Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *J. Appl. Ecol.*, 2001, **38**: 784-790.
276. Whittaker R.H.: Evolution of species diversity in land communities. *Evol. Biol.*, 1977, **10**: 1-67.
277. Wilson P.J., Aebischer N.J.: The distribution of dicotyledonous weeds in relation to distance from the field edge. *J. Appl. Ecol.*, 1995, **32**: 295-310.
278. Wilson J.D., Morris A.J., Arroyo B.E., Clark S.C., Bradbury R.B.: A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 1999, **75**: 13-30.
279. Wnuk Z., Ziaja M.: Zbiorowiska towarzyszące uprawom roślin dla celów energetycznych w Leszawie Dolnej gmina Bircza. *Pam. Puł.*, 2007, **145**: 243-253.
280. Wojciechowski W., Zawieja J.: Oddziaływanie płodozmianów specjalistycznych na dynamikę zachwaszczenia pól. *Pam. Puł.*, 2007, **145**: 255-261.
281. Wojciechowski W., Sowiński J., Zawieja J.: Wpływ wieku plantacji wierzby na zachwaszczenie w warunkach Sudetów. *Pam. Puł.*, 2009, **150**: 351-358.
282. Woźnica Z.: Współdziałanie adiuwantów a skuteczność chwastobójcza herbicydów. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 2003, **43(1)**: 472-480.
283. Woźnica Z.: *Herbologia*. PWRiL, Poznań, 2008, 1-430.
284. Zając M., Zając A., Tokarska-Guzik B.: Extinct and endangered archaeophytes and the dynamics of their diversity in Poland. *Biodiv. Res. Conserv.* 2009, **13**: 17-24.
285. Zanin G., Mosca G., Catizone P.: A profile of the potential flora in maize fields of the Po Valley. *Weed Res.*, 1992, **32**: 407-418.
286. Zanin G., Otto S., Riello L., Borin M.: Ecological interpretation of weed flora dynamics under different tillage systems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 1997, **66**: 177-188.
287. Zarzycki K.: Metodyczne i techniczne innowacje w badaniach fitosocjologicznych. *Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland)*, 2009, **12**: 233-247.
288. Zawisłak K., Adamiak E.: Znaczenie płodozmianu i herbicydów w ograniczaniu zachwaszczenia pszenicy ozimej. W: XVII Krajowa Konferencja nt. „Przyczyny i źródła zachwaszczenia pól uprawnych. ART Olsztyn, 1994, s. 59-68.

## WPLYW SPOSOBU UŻYTKOWANIA GRUNTÓW NA RÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWĄ FLORY SEGETALNEJ

### Streszczenie

**Słowa kluczowe:** bioróżnorodność, chwasty, systemy gospodarowania, rośliny uprawiane na cele energetyczne

Badania przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach [N: 51°28', E: 22°4'], na wieloletnim doświadczeniu z różnymi systemami produkcji rolnej oraz plantacjach roślin uprawianych na cele energetyczne.

Badania wykazały, że wieloletnie gospodarowanie ekologiczne zwiększyło różnorodność flory segetalnej towarzyszącej roślinom uprawnym. W okresie 16 lat badań stwierdzono zmiany w zbiorowiskach chwastów w uprawie pszenicy ozimej wysiewanej w tym systemie polegające na zmniejszeniu liczebności gatunków nitrofilnych: *Chenopodium album* i *Galium aparine* oraz wzroście liczebności taksonów bardziej wrażliwych na herbicydy: *Stellaria media*, *Capsella-bursa pastoris*, *Fallopia convolvulus* i gatunków z rodzaju *Vicia*. Zbiorowiska chwastów w łanie pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym cechowały się dużym podobieństwem jakościowym i ilościowym w latach, co potwierdziły wyniki klasyfikacji hierarchicznej i analizy ordynacyjnej.

Upraszczenie zmianowania od systemu integrowanego, poprzez system konwencjonalny do monokultury pszenicy ozimej i związane z tym stosowanie zwiększonych ilości herbicydów prowadziło do zubożenia składu gatunkowego flory segetalnej. Średnia liczba gatunków chwastów w łanie pszenicy w tych systemach gospodarowania była około 3,5-krotnie mniejsza niż w systemie ekologicznym. Dodatkowo zbiorowiska cechowały się dużą zmiennością składu gatunkowego i liczebności chwastów w latach, co było uwarunkowane głównie dobo-rem i skutecznością stosowanych herbicydów, modyfikowaną przebiegiem pogody.

Zmiany w zbiorowiskach chwastów potwierdzają również wartości wskaźnika różnorodności Shannona układające się w kolejności: system ekologiczny > integrowany > konwencjonalny > monokultura oraz indeksu dominacji Simpsona układające się odwrotnie. Wysokie wartości wskaźnika dominacji w monokulturze pszenicy ozimej i systemie konwencjonalnym wynikały z dużego udziału gatunków *Viola arvensis* i *Apera spica-venti* w zbiorowiskach chwastów.

Całokształt agrotechniki stosowanej w porównywanych systemach gospodarowania: ekologicznym, integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze pszenicy ozimej w większym stopniu różnicował liczebność niż skład gatunkowy flory segetalnej, co potwierdziły wartości wskaźników podobieństwa Sorensena.

Spośród roślin uprawianych na cele energetyczne największe bogactwo flory zarejestrowano w uprawie wierzby zbieranej co roku, topoli i robinii akacjowej oraz traw wieloletnich o szlaku fotosyntezy typu  $C_4$ : miskanta, spartiny preriowej, palczatki Gerarda i prosa różgowanego. Uboższe pod względem składu gatunkowego oraz liczebności były zbiorowiska chwastów towarzyszące uprawom bylin: ślazuwca pensylwańskiego i tobinambura oraz m-zi trzcinowatej.

Bioróżnorodność flory na plantacjach wierzby zależała od długości okresu użytkowania. W uprawie wierzby zbieranej co roku stwierdzono największą różnorodność i liczebność flory towarzyszącej, z przewagą gatunków jednorocznych i dwuletnich, typowych dla gruntów orných, natomiast wraz z wiekiem plantacji malał udział gatunków krótkotrwałych na

rzecz wieloletnich, w tym typowych dla zbiorowisk leśnych, ruderalnych i łąkowych, m.in. *Geum urbanum*, *Aegopodium podagraria*, *Epilobium parviflorum*, *Campanula patula*, *Leontodon hispidus* i *Hieracium pilosella*. Różnorodność gatunkowa i liczebność chwastów występujących w uprawach z grupy drzew i krzewów oraz traw wieloletnich, z wyjątkiem mozgi trzcinowatej, była zbliżona do zachwaszczenia w jednorocznych uprawach rolniczych w systemie ekologicznym.

W 3-letnim okresie badań flory towarzyszącej uprawom na cele energetyczne oraz roślinom rolniczym oznaczono ogółem 81 gatunków, z czego 41 gatunków było wspólnych dla obu sposobów użytkowania gruntów, 27 taksonów wystąpiło tylko na plantacjach roślin uprawianych na cele energetyczne, a 13 tylko w jednorocznych uprawach rolniczych. Zbiorowiska chwastów w roślinach uprawianych na cele energetyczne zawierały więcej gatunków wieloletnich, ruderalnych, łąkowych i leśnych w porównaniu z uprawami rolniczymi. W wieloletnich roślinach uprawianych na cele energetyczne stwierdzono większy udział apofitów (60%) w porównaniu z jednorocznymi uprawami rolniczymi (45%). Silniejsza coroczna antropopresja w roślinach uprawianych na gruntach ornych powodowała zwiększenie udziału archeofitów we florze. Kenofity stanowiły około 9% składu gatunkowego zbiorowisk, niezależnie od sposobu użytkowania, ale na plantacjach roślin uprawianych na cele energetyczne zaznaczył się większy udział *Conyza canadensis* (średnio 11,4 roślin·m<sup>-2</sup>) i *Solidago gigantea* (średnio 1,9 roślin·m<sup>-2</sup>), które zaliczane są do gatunków inwazyjnych i ich rozprzestrzenianie się powinno być monitorowane.

Zastosowane w pracy metody klasyfikacji hierarchicznej kumulującej i analizy ordynacyjnej okazały się przydatne do grupowania zbiorowisk chwastów pod względem ich podobieństwa, niezależnie od sposobu użytkowania gruntów. Metody te okazały się natomiast mniej użyteczne do wydzielenia zbiorowisk charakterystycznych dla porównywanych sposobów zagospodarowania gruntów, z uwagi na występowanie dużej liczby gatunków wspólnych.

## THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL LAND USE ON WEED FLORA DIVERSITY

### Summary

**Keywords:** biodiversity, weeds, farming systems, plants cultivated for energy purposes

The study was conducted in the Experimental Station of IUNG-PIB at Osiny [N:51°28, E:22°4], as a long-term experiment with different farming systems and plants cultivated for energy purposes.

The study showed that long-term management in organic system increased the diversity of weed flora accompanying crops. During 16 years of research the changes in weed communities in winter wheat cultivated in this farming system were found, especially involving the decreasing abundance of nitrophilous species: *Chenopodium album* and *Galium aparine* and the increasing density of more sensitive to herbicides taxa: *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Fallopia convolvulus* and species of the *Vicia* genus.

Weed communities in winter wheat cultivated in the organic system were characterized with a high qualitative and quantitative similarity in years, which was confirmed by the results of the hierarchical classification and ordination analysis.

Simplifying the crop rotation from the integrated system, through the conventional system to monoculture of winter wheat, associated with the increased use of herbicides,

led to the depletion of the species composition in weed communities. The average number of weed species in wheat in these systems was approximately 3.5-times lower than in the organic system. Additionally, the weed communities were characterized with high variability in species composition and density of weeds in years, which was mainly due to the selection and effectiveness of used herbicides, modified by weather conditions.

The changes in weed communities were also confirmed by the values of Shannon's diversity index, declining with the intensification of production methods and arranged in the following order: organic system > integrated system > conventional system > winter wheat monoculture and Simpson's dominance index, arranged in reversed order. High values of dominance index in wheat monoculture and conventional system were connected with the large share of *Viola arvensis* and *Apera spica-venti* in weed communities. The agricultural practices applied in the compared farming systems: organic, integrated, conventional and monoculture of winter wheat differentiated the density of flora more than species composition, which was confirmed by the values of Sorensen's similarity indices.

Among the crops cultivated for energy purposes, the greatest diversity and density of weed flora were recorded in willow harvested annually, poplar and false acacia as well as in perennial grasses with C<sub>4</sub> photosynthesis: miscanthus, prairie cograss, big bluestem and switchgrass weed. Weed flora associated with perennial dicotyledonous plants: virginia mallow and Jerusalem artichoke as well as reed canary grass was poorer in number of species and their density.

Biodiversity of flora in willow depended on the age of plantation. The willow harvested annually had the greatest diversity and abundance of accompanying flora, with a predominance of annual and biennial species, typical for arable lands. Along with the age of plantation the share of short-lived species such as was decreasing as they were replaced by perennials, including typical for forests, meadows and ruderal species such as: *Geum urbanum*, *Aegopodium podagraria*, *Epilobium parviflorum*, *Campanula patula*, *Leontodon hispidus* and *Hieracium pilosella*.

Weed species diversity and abundance in energy crops from the group of trees and bushes and perennial grasses, with the exception of reed canary grass, were similar to the weed infestation in the annual crops in organic system.

In the 3-year study, 81 species of weed flora associated with the energy and typical agricultural crops were determined, of which 41 species were common for both types of land use, 27 taxa occurred only on the plantations of plants grown for energy purposes, and 13 only in the typical agricultural crops. Weed communities plantation of in plants cultivated for energy purposes, compared to the agricultural crops, included more perennial and ruderal plant species, as well as those typical for meadows and forests.

In perennial crops cultivated for energy purposes the bigger share of apophytes (60%) was observed in comparison with annual crops (45%). Stronger anthropopressure in agricultural crops on arable lands led to increase a share of archaeophytes in weed communities. Kenophytes represented 9% of the species composition in plant communities, regardless of land use, but on the plantation of energy crops a greater share of *Conyza canadensis* and *Solidago gigantea* were marked (11,4 and 1,9 plants·m<sup>-2</sup> on average), which are invasive species and their spread should be monitored.

The methods of hierarchical classification and ordination analysis used in this work proved to be useful for grouping weed communities in terms of their similarities, regardless of land use. These methods appeared to be less useful for separating specific weed communities, characteristic for compared land use, due to the presence of a large number of common species.

## WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej IUNG „**Monografie i Rozprawy Naukowe**” publikowane są recenzowane prace o charakterze monografii i oryginalne rozprawy naukowe (w tym prace habilitacyjne) z zakresu agronomii oraz ochrony 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<sup>-1</sup>)

### **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, należy dostarczyć do Redakcji w 1 egzemplarzu oraz 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. Chyłek – *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 Bienkowski – *Wielokryterialna analiza możliwości zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolniczych z uwzględnieniem czynników środowiskowych i ekonomicznych*. Puławy, 2011.
30. Hanna Gołębiowska – *Dynamika występowania flory segetalnej w uprawie kukurydzy na Dolnym Śląsku w latach 1972–2008 i obecne możliwości jej regulacji*. Puławy, 2011.
31. Maria J. Król – *Przemiany mikrobiologiczne żelaza w glebie*. Puławy, 2011.
32. Franciszek Woch, Krzysztof Wierzbicki, Andrzej Eymontt, Anna Dziadkiewicz-Ilkowska, Alina Syp, Jerzy Kopiński, Czesław Pietruch, Mirosław Nierubca, Antoni Miklewski, Piotr Maśloch – *Efektywność gospodarcza i ekonomiczna scalania gruntów w Polsce*. Puławy, 2011.
33. Maria J. Król – *Przemiany mikrobiologiczne fosforu w glebie*. Puławy, 2012.
34. Adam Harasim – *Ocena produkcji roślinnej na gruntach ornych w gospodarstwie rolniczym w ujęciu długookresowym*. Puławy, 2012.
35. Mariusz Matyka – *Produkcyjne i ekonomiczne aspekty uprawy roślin wieloletnich na cele energetyczne*. Puławy, 2013.