

Biodiversity of weed flora in maize on lessive soil

Bioróżnorodność zachwaszczenia w uprawie kukurydzy na glebie płowej

Łukasz Sobiech*, Robert Idziak, Grzegorz Skrzypczak, Piotr Szulc, Monika Grzanka

Summary

The research carried out at the Research and Education Center Gorzyn, unit Brody in 2005–2010, aimed at assessing the biodiversity of weeds in the cultivation of maize on lessive soil. The diversity of weed communities was determined using ecological indicators, which include Simpson diversity index, Margalef index, Shannon-Wiener index. Phytosociological stability of the plant community expressed in the Braun-Blanquet scale was also evaluated. The floristic diversity of the analyzed weed communities occurring on maize plantations slightly changed in particular years of research and the greater differences were observed in relation to the density of specific species. During the field studies 11 species were recorded, but weed community varied over the years. Margalef index was at the level from 0.79 to 1.68, Simpson diversity index was at the level from 0.50 to 0.77, and Shannon-Wiener index from 2.5 to a level slightly exceeding 2.7.

Key words: biodiversity; weeds; maize; ecological indicators

Streszczenie

Badania przeprowadzone w latach 2005–2010 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń z filią w Brodach, miały na celu ocenę bioróżnorodności zachwaszczenia w uprawie kukurydzy na glebie płowej. Zróżnicowanie zbiorowisk chwastów określano z wykorzystaniem wskaźników ekologicznych, do których zalicza się wskaźniki różnorodności Simpsona, Margalefa i wskaźnik Shannona-Wienera. Określano również stałość fitosocjologiczną zbiorowiska roślinnego wyrażoną w skali Braun-Blanqueta. Różnorodność florystyczna analizowanych zbiorowisk chwastów występujących na plantacji kukurydzy ulegała niewielkim zmianom w latach prowadzenia badań, większe różnice obserwowane były w liczebności określonych gatunków. W trakcie badań stwierdzono obecność 11 gatunków chwastów, ale skład zbiorowiska był zróżnicowany w latach. Wskaźnik Margalefa kształtował się na poziomie od 0,79 do 1,68, wskaźnik różnorodności Simpsona natomiast od 0,50 do 0,77, a Shannona-Wienera od 2,5 do poziomu nieznacznie przekraczającego 2,7.

Słowa kluczowe: bioróżnorodność; chwasty; kukurydza; wskaźniki ekologiczne

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii

Katedra Agronomii

Dojazd 11, 60-632 Poznań

*corresponding author: sobiech@up.poznan.pl

Wstęp / Introduction

Szkodliwość chwastów polega na ich konkurowaniu z roślinami uprawnymi o zasoby środowiska, przyczynianiu się do pogorszenia jakości plonów oraz utrudnianiu wykonywania prac agrotechnicznych. Obecność roślin niepożądanych niesie ze sobą konieczność zwiększenia kosztów produkcji (Staniak i wsp. 2011). Chwasty uważane są za najważniejsze agrofagi na plantacjach kukurydzy, gdzie przyczynić się mogą do spadku plonu zielonej masy i ziarna na poziomie 70% (Liszka-Podkowa i Sowiński 2009).

Badając zachwaszczenie pól uprawnych zwraca się zazwyczaj uwagę na liczebność, masę chwastów i pokrycie przez nie powierzchni gleby. Ważna jest również ich różnorodność oraz dominacja poszczególnych gatunków (Stupnicka-Rodzynkiewicz i wsp. 2004). Wiele badań dotyczyło szkodliwości poszczególnych taksonów chwastów w stosunku do roślin uprawnych. Poszczególne gatunki roślin niepożądanych nie oddziałują jednak niezależnie od siebie i tworzą pewne zbiorowiska (Booth i Swanton 2002). Niekorzystne oddziaływanie zbiorowisk chwastów składających się z kilku gatunków może być większe niż w przypadku występowania na plantacji większej bioróżnorodności tych agrofagów (Murphy i wsp. 2006; Sekutowski i Domaradzki 2009). Do czynników warunkujących skład gatunkowy chwastów występujących na danym stanowisku zalicza się rodzaj uprawianej rośliny, a także roślin przedplonowych, typ oraz pH gleby, region geograficzny i klimat (Fried i wsp. 2008). Kolejnym czynnikiem wpływającym na bioróżnorodność jest system uprawy roli (Weber i wsp. 2014), który determinuje sposób rozmieszczenia nasion chwastów oraz ich ilość w profilu glebowym (Swanton i wsp. 2008; Piskier i Sekutowski 2013). Większe zróżnicowanie składu gatunkowego chwastów obserwuje się na plantacjach, gdzie rośliny uprawiane są w zmianowaniu niż w monokulturach (Cardina i wsp. 2002). Uproszczenia zmianowania mogą prowadzić do selekcji gatunków chwastów i kompensacji tych agrofagów, których cechy fizjologiczne, morfologiczne oraz cykl rozwojowy są zbliżone do cech określonej grupy roślin uprawnych (Gołębiowska i Kaus 2009).

Celem pracy była ocena zmian w składzie zbiorowisk chwastów w łanie kukurydzy uprawianej na glebie płowej.

Materiały i metody / Materials and methods

Badania zmian zachodzących w zbiorowiskach chwastów obecnych w uprawie kukurydzy prowadzono w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń z filią w Brodach, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie polowe założono na glebie płowej, klasy bonitacyjnej IIIa do IIIb, o wysokiej zasobności w K i P (17,9–21,6 mg $K_2O/100$ g oraz 19,1–25,3 mg $P_2O_5/100$ g) i zawartości materii organicznej od 1,2 do 1,5%.

Kukurydza uprawiana była w systemie płuznym, corocznie na powierzchni 1,5 ha. Przedplonem w każdym roku prowadzenia badań była pszenica ozima. Liczbę chwastów i ich skład gatunkowy oznaczano w ostatnich dniach czerwca w latach 2005–2010.

Obserwacje prowadzone były na obszarach, na których nie stosowano herbicydów, w każdym roku trwania badań, w czterech powtórzeniach po 25 m² każde. Wykonywano na nich osiem zdjęć fitosocjologicznych – po dwa dla każdego powtórzenia. Analizy zbiorowisk roślinnych przeprowadzono na stałych powierzchniach badawczych, będących jednorodnymi płatami roślinnymi kukurydzy. Chwasty występujące na badanych obszarach oznaczono, określono liczbę osobników należących do poszczególnych taksonów i zakwalifikowano je do właściwego systemu fitosocjologicznego (Matuszkiewicz 2008). Bioróżnorodność zbiorowisk chwastów wyrażano na podstawie wskaźników ekologicznych, do których zalicza się wskaźnik różnorodności Simpsona – SIDI i Margalefa – MRI (Lasota i wsp. 2017), wskaźnik Shannona-Wienera – SHDI (Nagendra 2002) oraz stałość fitosocjologiczną zbiorowiska roślinnego wyrażoną w skali Braun-Blanqueta (Wanic i wsp. 2005). Ilościowość chwastów podano w oparciu o skalę Braun-Blanqueta (Woźniak i Soroka 2015), przyjmując następujące oznaczenia: 5 – liczba osobników dowolna, pokrycie powierzchni zdjęcia powyżej 75%; 4 – liczba osobników dowolna, pokrycie 50–75%; 3 – liczba osobników dowolna, pokrycie 25–50%; 2 – liczba osobników duża, pokrycie 5–25%; 1 – liczba osobników 5–50, pokrycie > 5%; + – liczba osobników niewielka (2 do 5), pokrycie < 5%; r – liczba osobników bardzo mała (1 okaz). Ocenę stopni stałości wykonano posługując się skalą: V – gatunki stałe występujące w 81–100% wszystkich płatów wziętych pod uwagę, IV – gatunki częste występujące w 61–80%, III – gatunki średnio często występujące w 41–60%, II – gatunki niezbyt często występujące w 21–40%, I – gatunki rzadkie lub sporadycznie występujące w 1–20%.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Szeroki rozstaw rzędów kukurydzy oraz jej powolny początkowy wzrost sprawiają, że jest ona rośliną bardzo podatną na negatywne oddziaływanie ze strony chwastów (Skrzypczak i wsp. 2008). Dokładna ocena zbiorowisk agrofagów na plantacji możliwa jest przy wykorzystaniu wskaźników biologicznych często stosowanych w badaniach ekologicznych, rzadziej natomiast w doświadczeniach rolniczych (Wanic i wsp. 2005).

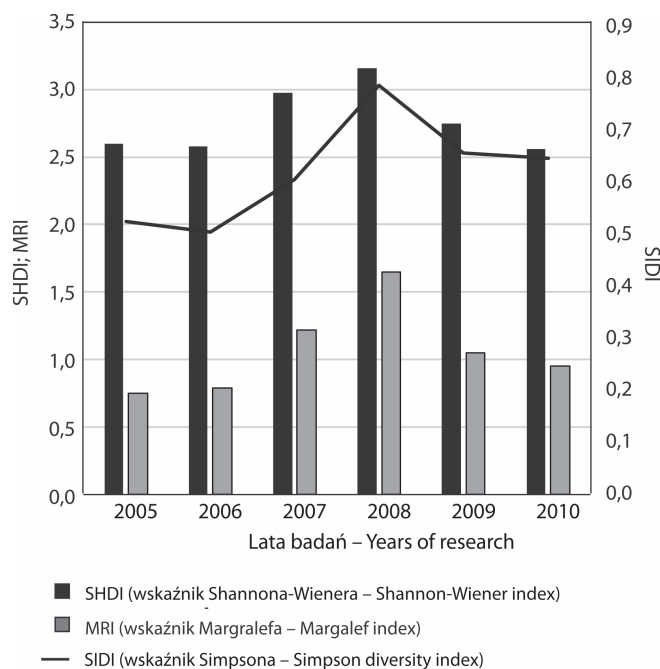
Na rozwój kukurydzy i chwastów duży wpływ miały warunki atmosferyczne w poszczególnych latach badań (tab. 1). Biorąc pod uwagę sumę opadów atmosferycznych notowanych w terminie od kwietnia do czerwca, lata 2005, 2007, 2008 oraz 2010 uznano za przeciętne, rok 2006 był

rokiem bardzo suchym, natomiast rok 2009 wilgotnym (Kaczorowska 1962). Pod względem temperatury powietrza, miesiące IV–VI w latach 2006 i 2007 uznane były za umiarkowanie ciepłe, w pozostałych latach za chłodne. Przebieg warunków pogodowych nie miał wpływu na bioróżnorodność zachwaszczenia w uprawie kukurydzy.

Zbiorowisko chwastów występujących w uprawie kukurydzy zaliczono do związku *Polygono-Chenopodion*. Znotowano gatunki specyficzne dla rzędu *Polygono-Chenopodietalia*, takie jak: komosa biała (*Chenopodium album* L.), chwastnica jednostronna [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.], tasznik pospolity [*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik] oraz bodziszek drobny (*Geranium pusillum* L.). Obserwowano również gatunki charakterystyczne dla klasy *Stellarietea mediae*: fiołka polnego (*Viola arvensis* Murr.), tobołki pole (*Thlaspi arvense* L.) i rdest ptasi (*Polygonum aviculare* L.) Związek *Aperion spicae-venti* reprezentowany był przez gatunek przetacznik bluszczykowy (*Veronica hederifolia* L.). Stwierdzono również obecność gatunków towarzyszących: samosiewów rzepaku (*Brassica napus* L.), rdestówki powojowatej [*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve] oraz włośnicy sonej [*Setaria glauca* (L.) P. Beauv.] (tab. 2).

W czasie trwania badań w uprawie kukurydzy obserwowano liczne występowanie komosy białej oraz chwastnicy jednostronnej, co zanotowała także Gołębiowska (2012) w doświadczeniu prowadzonym na tym samym typie gleby. Wspomniane chwasty uznaje się za typowe i uciążliwe dla upraw kukurydzy (Idziak i Woźnica 2009). Podaje się, że duża liczebność tych gatunków może być spowodowana wzrostem powierzchni uprawy kukurydzy oraz intensyfikacją produkcji roślinnej (Gołębiowska i wsp. 2015). Dominująca na poletkach doświadczalnych komosa biała jest agrofagiem występującym na wszystkich typach gleb w różnych uprawach (Trąba i Wiater 2007; Głowacka 2011).

Analiza zmienności składu gatunkowego chwastów wykonana przy użyciu wskaźników ekologicznych wskazuje na pewne różnice w latach (rys. 1). W celu określenia bioróżnorodności roślin niepożądanych w uprawie kukurydzy dokonano analizy zbiorowiska chwastów, która uwzględniła jednocześnie osobniki i ilość gatunków chwastów za pomocą wskaźnika Margalefa. Wyniki obserwacji wskazują, że wartości tego wskaźnika nie były wyrównane



Rys. 1. Wskaźniki ekologiczne dla zbiorowiska chwastów występujących w łanie kukurydzy

Fig. 1. Ecological indicators for weeds community occurring in maize

Tabela 1. Suma opadów i średnia dobowa temperatura powietrza w pierwszych miesiącach wegetacji kukurydzy
Table 1. Precipitations and air temperature during first months of the growing season of maize

Miesiąc Month	Lata badań – Years of research					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Opady atmosferyczne – Precipitations [mm]						
Kwiecień – April	19,2	39,8	37,9	120,7	13,3	38,9
Maj – May	86,2	33,3	52,9	19,5	85,3	92,7
Czerwiec – June	39,8	17,4	63,8	8,6	79,3	17,0
Ocena* – Classification*	P	BS	P	P	W	P
Temperatura powietrza – Air temperature [°C]						
Kwiecień – April	8,8	9,2	10,5	8,7	7,8	10,0
Maj – May	12,8	14,4	14,5	15,2	13,2	12,5
Czerwiec – June	16,4	19,5	19,2	19,1	16,4	18,7
Ocena** – Classification**	Z	U	U	Z	Z	Z

*SW – skrajnie wilgotny – extremely wet, BW – bardzo wilgotny – very wet, W – wilgotny – wet, P – przeciętny – average, S – suchy – dry,

BS – bardzo suchy – very dry, SS – skrajnie suchy – extremely dry

**C – ciepły – warm, U – umiarkowany – moderate, Z – chłodny – cool

Tabela 2. Klasyfikacja fitosocjologiczna z szacunkową oceną ilościowości gatunków w zbiorowisku
 Table 2. Phytosociological classification and estimation of abundance values of species in the community

Gatunki* Species	2005				2006				2007				2008				2009				2010			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Gatunki charakterystyczne dla rzędu (ChO.) <i>Polygono-Chenopodietalia</i> – Characteristic species for <i>Polygono-Chenopodietalia</i>																								
Komosa biała <i>Chenopodium album</i>	5	4	3	5	1	1	1	2	3	3	4	3	+	1	+	+	3	2	3	3	2	2	1	2
Chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>	4	4	2	4	2	2	2	2	2	3	1	–	+	r	+	+	+	+	1	1	–	–	–	–
Tasznik pospolity <i>Capsella bursa-pastoris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	1	1	1	+	1	1	1	1	1	+	1	1
Bodziszek drobny <i>Geranium pusillum</i>	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–
Gatunki charakterystyczne dla klasy (ChCl.) <i>Stellarietea mediae</i> – Characteristic species for <i>Stellarietea mediae</i>																								
Fiołek polny <i>Viola arvensis</i>	+	+	+	+	5	5	3	5	–	–	–	–	+	+	+	2	–	–	–	–	+	+	+	+
Tobólki polne <i>Thlaspi arvense</i>	–	–	–	–	3	2	3	2	+	+	+	r	+	+	+	r	–	–	–	–	–	–	–	–
Rdest ptasi <i>Polygonum aviculare</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	+	r	+	r	r	r	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Gatunki charakterystyczne dla związku (ChAll.) <i>Aperion spicae-venti</i> – Characteristic species for <i>Aperion spicae-venti</i>																								
Przetacznik bluszczkowy <i>Veronica hederifolia</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	r	r	–	+	r	+	+	–	+	–	–	+	r	+	–	–
Gatunki towarzyszące – Accompanying species																								
Rzepak <i>Brassica napus</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+
Rdestówka powojowata <i>Fallopia convolvulus</i>	1	+	+	+	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	r	r	r	–
Włośnica sina <i>Setaria glauca</i>	–	–	–	–	+	+	r	+	+	+	–	–	–	–	–	–	r	–	+	+	–	–	–	–

*I, II, III, IV – wyniki obserwacji dla pojedynczego powtórzenia – observation results for a single replicate

– wahały się od wartości 0,79 w roku 2005 do 1,68 w roku 2008. Wartości wskaźnika Shannona-Wienera użytego do oceny różnorodności florystycznej określają całościową różnorodność w poddawanych badaniach płacie fitocenozy. Wyniki przedstawione na wykresie pokazują, że różnorodność biologiczna analizowanych zbiorowisk różnicowała się w latach, najwyższa była w latach 2007–2009 i przekraczała 2,7, a niższa w latach 2005, 2006 i 2010, gdy nieznacznie przekraczała wartości 2,5. W celu określenia równocześnie, która opisuje udział poszczególnych gatunków w danym

zbiorowisku posłużył wskaźnik różnorodności Simpsona. Pozwala on ocenić prawdopodobieństwo spotkania dwóch osobników zaliczanych do jednego gatunku. Wartości tego wskaźnika w latach prowadzenia obserwacji wahały się od 0,5 do 0,77. Wychodząc z założenia, że im wyższa jest wartość wspomnianego wskaźnika tym większa jest różnorodność (1 = maksymalna różnorodność) można zauważyć, że otrzymane wyniki pokazują średnie zróżnicowanie zbiorowiska chwastów na plantacji kukurydzy. Ocena stałości fitosocjologicznej zbiorowiska roślinnego wyrażona w skali

Tabela 3. Stopnie stałości gatunków (skala Braun-Blanqueta)
Table 3. Constancy of species (Braun-Blanquet approach)

Gatunki Species	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gatunki charakterystyczne dla rzędu (ChO.) <i>Polygono-Chenopodietalia</i> – Characteristic species for <i>Polygono-Chenopodietalia</i>						
Komosa biała <i>Chenopodium album</i>	V	V	V	V	V	V
Chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i>	V	V	IV	V	V	–
Tasznik pospolity <i>Capsella bursa-pastoris</i>	V	V	IV	V	V	V
Bodziszek drobny <i>Geranium pusillum</i>	III	–	–	V	–	–
Gatunki charakterystyczne dla klasy (ChCl.) <i>Stellarietea mediae</i> – Characteristic species for <i>Stellarietea mediae</i>						
Fiołek polny <i>Viola arvensis</i>	V	V	–	V	–	V
Tobołki polne <i>Thlaspi arvense</i>	–	V	V	V	–	–
Rdest ptasi <i>Polygonum aviculare</i>	–	–	V	III	–	–
Gatunki charakterystyczne dla związku (ChAll.) <i>Aperion spicae-venti</i> – Characteristic species for <i>Aperion spicae-venti</i>						
Przetacznik bluszczowy <i>Veronica hederifolia</i>	–	–	IV	IV	III	III
Gatunki towarzyszące – Accompanying species						
Rzepak <i>Brassica napus</i>	–	–	–	–	V	V
Rdestówka powojowata <i>Fallopia convolvulus</i>	V	–	V	V	V	IV
Włośnica sina <i>Setaria glauca</i>	–	V	III	–	IV	–

Braun-Blanqueta wykazała, że we wszystkich latach prowadzenia doświadczenia gatunkami stałymi na badanym obszarze (V lub IV stopień stałości) były jedynie *Ch. album* i *C. bursa-pastoris* (tab. 3).

Wnioski / Conclusions

1. Zbiorowiska chwastów w kukurydzy zaliczono do związku *Polygono-Chenopodion*. Stwierdzono obecność kilku gatunków chwastów charakterystycznych dla rzędów *Polygono-Chenopodietalia* i *Stellarietea mediae*. We wszystkich latach badań stałymi elementami w składzie

gatunkowym zbiorowisk były tylko *Ch. album* i *C. bursa-pastoris*.

2. W stosunkowo krótkim okresie badań (5 lat) stwierdzono niewielkie zmiany w składzie gatunkowym zbiorowisk, a większe zmiany w liczebności poszczególnych gatunków.
3. Precyzyjna ocena zmian zachodzących w zbiorowiskach roślinnych na polach uprawnych dokonana może być jedynie w wyniku długoletnich analiz, a obserwacje krótkoterminowe mogą tylko wskazywać na pewną tendencję, której weryfikacja powinna być dokonana na podstawie trwających wiele lat doświadczeń.

Literatura / References

- Booth B.D., Swanton C.J. 2002. Assembly theory applied to weed communities. *Weed Science* 50 (1): 2–13. DOI: 10.1614/0043-1745(2002)050[0002:AIATAT]2.0.CO;2.
- Cardina J., Herms C.P., Doohan D.J. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science* 50 (4): 448–460. DOI: 10.1614/0043-1745(2002)050[0448:CRATSE]2.0.CO;2.
- Fried G., Norton L.R., Reboud X. 2008. Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128 (1–2): 68–76. DOI: 10.1016/j.agee.2008.05.003.
- Głowacka A. 2011. Dominant weeds in maize (*Zea mays* L.) cultivation and their competitiveness under conditions of various methods of weed control. [Chwasty dominujące w uprawie kukurydzy (*Zea mays* L.) i ich konkurencyjność w warunkach stosowania różnych metod regulacji zachwaszczenia]. *Acta Agrobotanica* 64 (2): 119–126.
- Gołębiowska H. 2012. Problemy ograniczania chwastów wieloletnich w uproszczonej uprawie kukurydzy w warunkach Dolnego Śląska. [Problems with the control of perennial weeds in a simplified cultivation system of maize crops in the conditions of Lower Silesia]. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 52 (3): 556–562. DOI: 10.14199/ppp-2012-096.
- Gołębiowska H., Kaus A. 2009. Efektywność chemicznej regulacji zachwaszczenia w różnych systemach uprawy kukurydzy. [Evaluation of chemical system of weed management under different maize tillage systems]. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura* 8 (1): 3–16.
- Gołębiowska H., Snopczyński T., Domaradzki K., Rola H. 2015. Zmiany w zachwaszczeniu kukurydzy w południowo-zachodnim rejonie Polski w latach 1963–2013. [Changes in weed infestation in corn crops in southwestern region of Poland in 1963–2013 years]. *Progress in Plant Protection* 55 (3): 327–339. DOI: 10.14199/ppp-2015-057.
- Idziak R., Woźnica Z. 2009. Ocena efektywności adiuwantów olejowego i mineralnego w mieszaninach herbicydów Callisto 100 SC i Maister 310 WG stosowanych w ochronie kukurydzy. [Evaluation of efficacy of oil and mineral adjuvants added to mixtures of herbicides Callisto 100 SC and Maister 310 WG applied in maize]. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura* 8 (1): 17–26.
- Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Instytut Geografii Polska Akademia Nauk Prace Geograficzne* 33: 1–112.
- Lasota J., Wiecheć M., Błońska E., Brożek S. 2017. Wybrane wskaźniki różnorodności biologicznej na tle cech utworów glebowych w wyżynnym borze jodłowym *Abietetum albae*. [Biodiversity indexes in relation to soil properties in upland fir forests (*Abietetum albae*)]. *Leśne Prace Badawcze / Forest Research Papers* 78 (2): 120–128. DOI: 10.1515/frp-2017-0013.
- Liszka-Podkowa A., Sowiński J. 2009. Skuteczność różnych metod odchwaszczania kukurydzy oraz pobranie makropierwiastków przez chwasty. [Efficacy of different weed control methods in maize and macronutrients uptake by weeds]. *Fragmenta Agronomica* 26 (3): 109–117.
- Matuszkiewicz W. 2008. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 540 ss. ISBN 978-83-011-670-73.
- Murphy S.D., Clements D.R., Belaussoff S., Kevan P.G., Swanton C.J. 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. *Weed Science* 54 (1): 69–77. DOI: 10.1614/WS-04-125R1.1.
- Nagendra H. 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography* 22 (2): 175–186. DOI: 10.1016/S0143-6228(02)00002-4.
- Piskier T., Sekutowski T.R. 2013. Wpływ uproszczeń w uprawie roli na liczebność oraz rozmieszczenie nasion chwastów w glebie. [Effect of simplified tillage on the number and distribution of weed seeds in soil]. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 58 (4): 109–117.
- Sekutowski T., Domaradzki K. 2009. Bioróżnorodność gatunkowa chwastów w monokulturze pszenicy ozimej w warunkach stosowania uproszczeń w uprawie roli. [Biodiversity of weed species in winter wheat monoculture caused by reduced of tillage]. *Fragmenta Agronomica* 26 (4): 160–169.
- Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P. 2008. Możliwości mechanicznego ograniczania zachwaszczenia w uprawie kukurydzy i sorga w rolnictwie ekologicznym. [Possibilities of mechanical limitation of weed infestation in maize and sorghum cultivation in ecological agriculture]. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 53 (4): 67–70.
- Staniak M., Książak J., Bojarszczuk J. 2011. Zachwaszczenie kukurydzy w ekologicznym systemie uprawy. [Weed infestation of maize cultivated in organic farming]. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 56 (4): 123–128.
- Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Stępnik K., Lepiarczyk A. 2004. Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. [Effect of the crop rotation, tillage method and herbicides on the biodiversity of weed communities]. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura* 3 (2): 235–245.
- Swanton C.J., Mahoney K.J., Chandler K., Gulden R.H. 2008. Integrated weed management: knowledge-based weed management systems. *Weed Science* 56 (1): 168–172. DOI: 10.1614/WS-07-126.1.
- Trąba C., Wiater J. 2007. Reakcja *Chenopodium album* na rodzaj nawożenia i gatunek rośliny uprawnej. [The reaction of *Chenopodium album* to the kind of manuring and crop species]. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E, Agricultura* 62 (2): 23–32.
- Wanic M., Jastrzębska M., Kostrzewska M.K., Nowicki J. 2005. Analiza zbiorowisk chwastów za pomocą wybranych wskaźników biologicznych. [Analysis of weeds communities using selected biological indicators]. *Acta Agrobotanica* 58 (1): 227–242.
- Weber R., Sekutowski T., Owsiak Z. 2014. Zmienność zachwaszczenia odmian pszenicy ozimej w zależności od systemu uprawy roli. [Variability of weed infestation of winter wheat cultivars in relation to tillage systems]. *Progress in Plant Protection* 54 (2): 178–184. DOI: 10.14199/ppp-2014-029.
- Woźniak A., Soroka M. 2015. Syntaksonomiczna ocena zbiorowisk chwastów w zasiewach żyta (*Secale cereale* L.) na polach ukraińskiego Rostocza. [Syntaxonomic evaluation of weed communities in rye in the Ukrainian Rostocze]. *Fragmenta Agronomica* 32 (2): 97–110.