

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersytetu
PRZYRODNICZEGO
WE WROCŁAWIU**

NR 584

ROLNICTWO

AGRONOMY

C

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersYTETU
PRZYRODNICZEGO
WE WROCLAWIU**

NR 584

ROLNICTWO

AGRONOMY

C



WROCLAW 2012

Redaktor merytoryczny
prof. dr hab. Zofia Spiak

Redakcja i korekta
Elżbieta Winiarska-Grabosz

Łamanie
Halina Sebzda

Projekt okładki
Grażyna Kwiatkowska

Covered by: Agro, Ulrich's Database, Copernicus Index, EBSCOhost

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2012

Print edition is an original (reference) edition

ISSN 1897-2098
ISSN 1897-208X

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU

Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki
ul. Sopocka 23, 50–344 Wrocław, tel./fax 71 328–12–77
e-mail: wyd@up.wroc.pl

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 10,1. Ark. druk. 10,25

SPIS TREŚCI

1. A. Biskupski, J. Rola, T.R. Sekutowski, A. Kaus, S. Włodek – Wstępne wyniki dotyczące technologii zbioru biomasy <i>Solidago sp.</i> i jej przetwarzania do celów opałowych	7
2. K. Domaradzki, M. Badowski – Możliwość chemicznego ograniczania występowania <i>Solidago gigantea</i> Aiton na terenach odłogowanych.....	17
3. H. Gołębiowska – Konkurencyjne oddziaływanie <i>Artemisia vulgaris</i> L. w zależności od terminu siewu kukurydzy uprawianej w monokulturze	25
4. K. Heller, K. Adamczewski – Stan i stopień zachwaszczenia lnu oleistego w uprawach ekologicznych i konwencjonalnych.....	35
5. A. Jezierska-Domaradzka, K. Domaradzki – <i>Solidago canadensis</i> L. jako potencjalny gatunek energetyczny – zagrożenia dla środowiska przyrodniczego oraz ocena naturalnych zasobów surowca na przykładzie wybranych odłogowanych pól w powiecie wołowskim na Dolnym Śląsku	43
6. S. Kaczmarek, K. Matysiak, P. Kardasz – Ocena potencjału allelopatycznego <i>Solidago virgaurea</i> L. w odniesieniu do wybranych gatunków roślin uprawnych	53
7. B. Karamon, T.R. Sekutowski – Plonowanie oraz skład chemiczny i wartość opałowa mozgi trzcinowatej (<i>Phalaris arundinacea</i> L.) przeznaczonej na cele energetyczne.....	63
8. M. Korczyński – <i>Solidago</i> w przestrzeni zurbanizowanej miasta Bydgoszczy.....	73
9. T. Korniak, Cz. Hołdyński, K. Wąsowicz, J. Świączkowska – Amerykańskie gatunki z rodzaju <i>Solidago</i> w północno-wschodniej Polsce.....	81
10. K. Pużyńska, A. Stokłosa, E. Stupnicka-Rodzinkiewicz – Wpływ warunków ekologicznych na występowanie <i>Solidago sp.</i>	89
11. T.R. Sekutowski, S. Włodek, A. Biskupski, U. Sienkiewicz-Cholewa – Porównanie odłogu i sąsiadującego pola uprawnego pod względem zasobności w nasiona i rośliny nawłoci (<i>Solidago sp.</i>)	99
12. Z. Sobisz, A. Parzych – Udział <i>Solidago gigantea</i> Aiton w zbiorowiskach roślinnych wybranych biotopów śródpolnych Pomorza Środkowego.....	113
13. J. Świączkowska, Cz. Hołdyński, T. Korniak, K. Wąsowicz, K. Kaczorowska – Mozga trzcinowata <i>Phalaris arundinacea</i> L. jako roślina energetyczna.....	129
14. S. Włodek, A. Biskupski, T.R. Sekutowski, U. Sienkiewicz-Cholewa, K. Pawęska – Efekty wprowadzania ścieków na wieloletni odłóg porośnięty nawłocią	137
15. J. Zawieja, W. Wojciechowski – Występowanie gatunków z rodzaju <i>Solidago sp.</i> na odłogach zlokalizowanych w okolicach miasta Wrocławia.....	149
16. M. Ziemińska-Smyk – Zmiany w zachwaszczeniu upraw zbóż na Zamojszczyźnie gatunkami z rodziny traw (<i>Poaceae</i>)	159

CONTENTS

1.	A. Biskupski, J. Rola, T.R. Sekutowski, A. Kaus, S. Włodek – Preliminary study on the harvest technology of biomass <i>Solidago sp.</i> and its processing for combustible purposes.....	7
2.	K. Domaradzki, M. Badowski – Possibility of chemical reduction of <i>Solidago gigantea</i> Aiton occurrence on fallow lands.....	17
3.	H. Gołębiowska – Competitive effects of <i>Artemisia vulgaris</i> L., depending on sowing date of maize grown in monoculture.....	25
4.	K. Heller, K. Adamczewski – State and level of weed infestation in organic and conventional oil flax.....	35
5.	A. Jezierska-Domaradzka, K. Domaradzki – <i>Solidago canadensis</i> L. as a potential energy plant – the risk to the environment and the estimation of natural raw material resources in the chosen fallow fields in Wołów County (Lower Silesia).....	43
6.	S. Kaczmarek, K. Matysiak, P. Kardasz – Assessment of allelopathic potential of <i>Solidago virgaurea</i> L. on some selected crops.....	53
7.	B. Karamon, T.R. Sekutowski – Yields, chemical composition and energetic value of reed canary grass (<i>Phalaris arundinacea</i> L.) designed for energetic purposes.....	63
8.	M. Korczyński – <i>Solidago</i> in the urbanized area city of Bydgoszcz.....	73
9.	T. Korniak, Cz. Hołdyński, K. Wąsowicz, J. Święczkowska – American species of the genus <i>Solidago</i> in north-eastern Poland.....	81
10.	K. Puzyńska, A. Stokłosa, E. Stupnicka-Rodzinkiewicz – The impact of ecological conditions on <i>Solidago sp.</i> occurrence.....	89
11.	T.R. Sekutowski, S. Włodek, A. Biskupski, U. Sienkiewicz-Cholewa – Comparison of the content of seeds and plants of the goldenrod (<i>Solidago sp.</i>) in the fallow and adjacent field.....	99
12.	Z. Sobisz, A. Parzych – Participation of <i>Solidago gigantea</i> Aiton in plant communities of chosen midfield biotopes on central pomerania.....	113
13.	J. Święczkowska, Cz. Hołdyński, T. Korniak, K. Wąsowicz, K. Kaczorowska – Reed canarygrass <i>Phalaris arundinacea</i> L. as a biofuel crop.....	129
14.	S. Włodek, A. Biskupski, T.R. Sekutowski, U. Sienkiewicz-Cholewa, K. Pawęska – The effects of the introduction of sewage on long-term fallow covered by <i>Solidago sp.</i>	137
15.	J. Zawieja, W. Wojciechowski – The occurrence of species from genus <i>Solidago sp.</i> on fallows near Wrocław.....	149
16.	M. Ziemińska-Smyk – Change in weeds infestation in cereal crops near Zamość with grass species (<i>Poaceae</i>).....	159

**Andrzej Biskupski, Józef Rola, Tomasz R. Sekutowski,
Adam Kaus, Stanisław Włodek**

**WSTĘPNE WYNIKI DOTYCZĄCE TECHNOLOGII ZBIORU
BIOMASY *SOLIDAGO SP.* I JEJ PRZETWARZANIA
DO CELÓW OPAŁOWYCH**

**PRELIMINARY STUDY ON THE HARVEST TECHNOLOGY
OF BIOMASS *SOLIDAGO SP.* AND ITS PROCESSING
FOR COMBUSTIBLE PURPOSES**

*Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu*

*Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute in Puławy,
Department of Weed Science and Tillage systems in Wrocław*

Od 2008 r. w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu prowadzone są badania dotyczące zbioru nawłoci (*Solidago sp.*), oraz wykorzystania jej do celów opałowych. Należy zaznaczyć, że badania te jako pierwsze w kraju zostały zapoczątkowane właśnie w tym Zakładzie. Zainteresowanie rośliną wzięło się stąd, iż ma ona niewielkie wymagania glebowe i doskonale udaje się na gruntach pozostawionych bez uprawy, których w kraju jest prawie 500 tys. ha (Rocznik Statystyczny 2010). Prowadzone badania wykazały także wysoką wartość opałową *Solidago sp.* (15–16 MJ kg⁻¹). Zbiór nawłoci nie odbiega zbytnio od zbioru innych roślin energetycznych. Biomasa z nawłoci może być z powodzeniem wykorzystywana jako paliwo stałe (pelety, granulaty) albo można ją przetworzyć do wtórnych nośników energii (paliwa gazowe lub wodorowe).

SŁOWA KLUCZOWE: technologia zbioru, rośliny energetyczne, biomasa, *Solidago sp.*

WSTĘP

Technologia zbioru biomasy zależy od rodzaju rośliny energetycznej oraz od wielkości plantacji i warunków na niej panujących. Może to być zbiór ręczny lub mechaniczny i zwykle sprawę przesądza wnikliwa analiza kosztów każdego z tych rozwiązań. Podczas zbioru ręcznego wykorzystuje się piły spalinowe i elektryczne, wykaszarki, nożyce hydrauliczne lub pilarki do żywoplotu. Ze zbiorem mechanicznym roślin trawiających i słomy nie ma problemu, gdyż można wykorzystać typowe maszyny rolnicze, natomiast pozostałe rośliny wymagają zastosowania nietypowych urządzeń (Lisowski 2010, Lisowski i wsp. 2010). Pozyskana w ten sposób biomasa może być przetwarzana w dalszym procesie technologicznym jako paliwo stałe do produkcji peletów czy brykietów (Bał 2008, Budzyński, Bielski 2004, Kotecki 2010, Niedziółka, Zuchniarz 2006, Stolarski i wsp. 2008, ZODR 2010).

Celem badań było znalezienie odpowiedzi na pytanie, które z maszyn rolniczych (kosiarka dyskowa, listwowa) najlepiej nadaje się do zbioru nawłoci, a także jakie są możliwości przetwarzania tej rośliny do celów opałowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2008–2010 na polu o powierzchni 2,5 ha na terenie gminy Jelcz-Laskowice w okolicach miejscowości Grędzina w woj. dolnośląskim. Pole doświadczenia podzielono na cztery obiekty badawcze, stosując następujące warianty uprawowe i herbicydowe: bez uprawy (obiekt kontrolny), brona talerzowa na głębokość 8–10 cm, Roundup 360 SL w dawce 5,0 l ha⁻¹ oraz Reglone 200 SL w dawce 2,0 l ha⁻¹. Zabiegi mechaniczne i herbicydowe wykonano w II dekadzie września 2008 r. a miały one za zadanie stwierdzić, czy „stres” wywołany tymi zabiegami będzie miał wpływ (pozytywny lub negatywny) na produkcję biomasy przez rośliny *Solidago sp.* w kolejnych latach badań. Zbioru roślin *Solidago sp.* dokonywano metodą dwufazową, w różnych terminach, począwszy od momentu przekwitnięcia roślin nawłoci (wrzesień, październik) aż do okresu późnozimowego (luty, marzec). Do zbioru roślin wykorzystano następujący sprzęt rolniczy Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Jelczu Laskowicach, a także Przedsiębiorstwa Budowlano-Handlowego Załubski PBH w Jelczu Laskowicach: kosiarka rotacyjna – dyskowa – *Claas-Disco 250*, kosiarka listwowa – *BCS Duplex Gold*, przetrząsaczo-zgrabiarka karuzelowa – *Claas-Liner 2800*, prasa rolująca *Claas-Rollant 240*.

Pelety z nawłoci wykonano w Przedsiębiorstwie Budowlano Handlowym Załubski PBH w Jelczu Laskowicach.

Badania analizy materiału roślinnego nawłoci wykonane zostały przez laboratorium Polskiej Grupy Energetycznej Elektrowni Opole S.A.

WYNIKI I OMÓWIENIE

Próby zbioru biomasy nawłoci przeprowadzono w różnych terminach, począwszy od momentu przekwitnięcia rośliny aż do okresu późnozimowego. Wykonane analizy pozwalają stwierdzić, że najkorzystniejszym terminem zbioru była druga dekada marca, kiedy to wilgotność łądyg była najniższa i wynosiła około 13% (tab. 1). Rośliny zbierane w okresie jesiennym charakteryzowały się znacznie większą wilgotnością, która wahała się od 45% w miesiącu październiku do 38% w połowie grudnia.

Plon biomasy nawłoci kształtował się na poziomie od 1,2 do 4,5 t ha⁻¹. Najwięcej biomasy zebrano z obiektu, na którym nie stosowano zabiegów uprawowych i herbicydów – obiekt kontrolny (4,5 t ha⁻¹). Natomiast najniższy plon biomasy (1,2–1,3 t ha⁻¹) uzyskano po zastosowaniu preparatu Roundup 360 SL oraz brony talerzowej (tab. 2).

Tabela 1

Table 1

Wilgotność roślin nawłoci w różnych terminach zbioru (%)
Humidity of goldenrod plants at different times of harvesting

	Data–Date			
	19.09.2009	22.10.2009	15.12.2009	12.03.2010
Zakres wilgotności Range of humidity	40–46	44–46	35–41	12–14
Średnia wilgotność Average humidity	43	45	38	13

Tabela 2

Table 2

Plon nawłoci po zastosowaniu uprawy mechanicznej i herbicydów
Goldenrod yield after application of mechanical cultivation and herbicides

Lp. No.	Wyszczególnienie Specification	Dawka (t ha ⁻¹) Dose	Plon (t ha ⁻¹) Yield
1.	Kontrola – Check	–	4,5
2.	Brona talerzowa – disc harrow (8–10 cm)	–	1,2
3.	Roundup 360 SL	5,0	1,3
4.	Reglone 200 SL	2,0	3,0

Dwuetapowy zbiór roślin oparto na maszynach stosunkowo łatwo dostępnych dla rolnika – producenta i będących w powszechnym użytkowaniu. Na polskim rynku brakuje jeszcze typowych maszyn przeznaczonych do zbioru roślin energetycznych, dlatego do skoszenia roślin na pokosy użyto porównawczo kosiarki rotacyjnej (fot. 1) oraz listwowej (fot. 2). Drugim etapem było grabienie biomasy w wały za pomocą przetrząsaczo-zgrabiar ki karuzelowej (fot. 3), a następnie belowanie biomasy (fot. 5) prasą rolującą (fot. 4).

Koszenie nawłoci kosiarką rotacyjną powodowało, że cięte łądygi były postrzępione i nierównomiernie rozłożone na polu. Nie ma to jednak większego znaczenia, bowiem biomasa w drugim etapie jest zgarniana w wały przez przetrząsaczo-zgrabiar ki i następnie

rozdrabniana. Warto nadmienić, że kosiarka rotacyjna *Claas–Disco 250* cięła rośliny nawłoci w różnych warunkach wilgotnościowych, z dobrym skutkiem. Podobne, pozytywne efekty uzyskała kosiarka listwowa *BCS Duplex Gold*, która pracowała nieco wolniej niż kosiarka rotacyjna, ale cięte łodygi były niepostrzępione i równomiernie rozłożone na polu. Podsumowując, należy stwierdzić, że zarówno kosiarka rotacyjna, jak i dyskowa nadają się do koszenia roślin nawłoci i można je z powodzeniem polecić rolnikom.



Fot. 1. Kosiarka rotacyjna – *Claas–Disco 250*
Phot. 1. Rotary mower – *Claas–Disco 250*



Fot. 2. Kosiarka listwowa – *BCS Duplex Gold*
Phot. 2. Lath mower – *BCS Duplex Gold*



Fot. 3. Przetrzęsaczko-zgrabiarka karuzelowa – Claas–Liner 2800
Phot. 3. Rotary tedder – Claas–Liner 2800



Fot. 4. Prasa rolująca Claas–Rollant 240
Phot. 4. Round baler Claas–Rollant 240

Zastosowana do zgarniania biomasy przetrzęsaczko-zgrabiarka karuzelowa *Claas–Liner 2800* bardzo dobrze radziła sobie z zadaniem na równym polu. Nieco gorzej zgarniała biomasę na nierównościach, pozostawiając rośliny w zagłębieniach pola.

Ostatnim etapem było prasowanie nawłoci prasą rolującą *Claas–Rollant 240*. Warunkiem dobrego zbioru i sprasowania biomasy, bez zanieczyszczeń i kamieni, było stosunkowo wysokie podniesienie podbieraka.

Zdaniem niektórych autorów (Gumeniuk 2006, Lisowski 2010) dwuetapowy zbiór roślin energetycznych z prasowaniem w duże bele znacznie zmniejsza liczbę potrzebnych środków transportowych, a co za tym idzie, redukowane są koszty z tym związane. Wadą zbioru dwuetapowego jest zwiększona możliwość strat podbieranej masy, jej zanieczyszczenie glebą oraz zwiększone zużycie paliwa. Większa liczba przejazdów powoduje zbędne ugniatanie gleby, czyli niszczenie struktury glebowej.



Fot. 5. Baloty z nawłoci
Phot. 5. Bales of goldenrod



Fot. 6. Pelety z nawłoci
Phot. 6. Pellets of goldenrod

Pozyskana biomasa nawłoci w dalszym procesie została przetworzona na pelety zgodnie z technologią stosowaną w przypadku innych roślin energetycznych (fot. 6). Aby uzyskać pelety, biomasa została poddana trzem procesom: suszenia, mielenia i prasowania. Produktem końcowym były granulki o kształcie cylindrycznym, średnicy 8 mm i długości od 5 do 15 mm.

Analiza materiału roślinnego nawłoci wykazała, że ma on zbliżoną wartość opałową biomasy do wartości opałowej słomy rzepakowej, jęczmiennej, kukurydzianej czy biomasy miskanta olbrzymiego i oscylowała ona w granicach 15–16 MJ·kg⁻¹ (tab. 3). Zawartość popiołu była również na zadowalającym poziomie i wynosiła około 4,5%, zatem spalanie nawłoci w postaci słomy czy pelet w piecach nie powinno nastęrczać większych problemów. Zdaniem Koteckiego (2010) o opałowym wykorzystaniu biomasy roślin „energetycznych” w procesach spalania decydują przede wszystkim zawartość wilgoci i pokrój roślin (zawartość liści, łodyg). Dlatego wskazane są dalsze badania dotyczące oznaczania parametrów energetycznych wpływających na jakość procesu spalania nawłoci.

Tabela 3
Table 3

Porównanie wybranych cech niektórych nośników energii
Comparision of selected features of some energy carriers

Rodzaj paliwa Type of fuel	Wartość opałowa (MJ·kg ⁻¹) Calorific value	Zawartość wilgoci (%) Moisture content	Zawartość popiołu (%) Ash content
Węgiel kamienny Pit-coal	16,5 – 29,3	5,0 – 30,0	5,0 – 35,0
Węgiel brunatny Brown coal	7,5 – 21,0	15,0 – 60,0	10,0 – 20,0
Olej opałowy Heating oil	39,0 – 43,5	0,5 – 2,0	0,01 – 1,0
Gaz ziemny Natural gas	45,0 – 48,0	–	–
Słoma rzepakowa Rape straw	15,0	30,0 – 40,0	2,5 – 3,0
Słoma jęczmienna Barley straw	16,1	15,0 – 22,0	3,0 – 4,0
Słoma kukurydziana Corn straw	16,8	45,0 – 60,0	4,0 – 6,0
Miskant olbrzymi Giant Silver Grass	14,9	20,0	1 – 2
Nawłoc* Goldenrod	15,8 – 16,0	8,3 – 12,4	4,3 – 4,6

(Źródło – Source: Kowalczyk-Juško 2009, Niedziółka, Zuchniarz 2006, PAPE Bydgoszcz 1997, Stolarski, Szczukowski, Tworkowski 2008, ZODR 2010)

*Badania wykonane przez PGE Elektrownia Opole S.A.
A study done by PGE Power-station Opole S.A.

Wydaje się, że energia pochodząca z biomasy wytworzonej z nawłoci a pozyskiwana z odlogowanych terenów może być w przyszłości jedną z wielu szans dla krajowego rolnictwa i ekoenergetyki.

WNIOSKI

1. Najkorzystniejszym terminem zbioru nawłoci, ze względu na niską zawartość wody w łodygach rośliny, okazał się miesiąc marzec.
2. Najwyższy plon biomasy uzyskano na obiekcie kontrolnym, natomiast najniższy po zastosowaniu preparatu Roundup 360 SL w dawce 5,0 l ha⁻¹ oraz brony talerzowej.
3. Zarówno kosiarka rotacyjna, jak i dyskowa nadają się do koszenia roślin nawłoci.
4. Wartość opałowa biomasy nawłoci była wysoka, o zbliżonych parametrach energetycznych do wartości opałowej słomy rzepakowej, jęczmiennej, kukurydzianej czy biomasy miskanta olbrzymiego.

PIŚMIENNICTWO

- Bal R., 2008. Zagospodarowanie słomy i możliwości jej wykorzystania do produkcji paliw formowalnych na przykładzie województwa warmińsko-mazurskiego. *Inż. Rol.*, 1(99): 17–22.
- Budzyński W., Bielski S. 2004. Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego. Cz. II. Biomasa jako paliwo stałe (artykuł przeglądowy). *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3(2): 15–26.
- Gumeniuk A., 2006. Czym zebrać trawę słoniową? <http://www.drewno.pl/artykuly/3027-czym-zebrać-trawę-sloniowa.html>
- Kotecki A. (red.), 2010. Wykorzystanie słomy miskanta olbrzymiego na cele energetyczne. Uprawa miskanta olbrzymiego – energetyczne i pozaenergetyczne możliwości wykorzystania słomy. Wyd. UP Wrocław: 147–177.
- Kowalczyk-Juško A., 2009. Popiół z różnych roślin energetycznych. *Proceedings of EC Opole*. 3(1): 159–164.
- Lisowski A., 2010. Wstęp. *Technologie zbioru roślin energetycznych*. Wyd. SGGW Warszawa: 9.
- Lisowski A., Nowakowski T., Strużyk A., Waszkiewicz Cz., Klonowski J., Kasperek D., Cichoń M., 2010. Projekt konstrukcyjny bezrzędowej maszyny do zbioru roślin energetycznych. *Inż. Rol.*, 2(120): 19–25.
- Niedziółka I., Zuchniarz A., 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. *Motrol*, 8A: 232–237.
- PAPE Bydgoszcz., 1997. Lokalne źródła energii – Słoma. *Kape/Score – 11/97*. http://www.kape.gov.pl/EN/Achievements/Programmes/ProgrammesInternational/1996_2000_a/pliki/sloma/sloma_4.htm
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, 2010. GUS, Warszawa.
- Stolarski M., Szczukowski S., Tworowski J., 2008. Biopaliwa z biomasy wieloletnich roślin energetycznych. *Energetyka i ekologia*: 77–80.
- ZODR (Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego), 2010. Brykiety ze słomy. *Barzkowice*: 1–32.

**PRELIMINARY STUDY ON THE HARVEST TECHNOLOGY OF BIOMASS
SOLIDAGO SP. AND ITS PROCESSING FOR COMBUSTIBLE PURPOSES**

S u m m a r y

Tests concerning the cropping of *Solidago sp.* and processing it for firing purposes have been carried on at the Department of Herbology and Tillage Techniques in Wrocław. It should be emphasized that the research was first initiated just at our Department. The interest in this plant has been taken because its soil requirements are not high and it grows very well on uncultivated grounds, which in Poland reach up to four hundred thousand hectares. Tests proved its high firing value (15–16 MJkg⁻¹). The crops of *Solidago sp.* do not differ too much from those of other energetic plants. Its biomass can be successfully used as solid fuel (pellets) or processed into secondary carriers of energy (gaseous or hydrogenous fuel).

KEY WORDS: cropping technology, energy plant, biomass, *Solidago sp.*

Krzysztof Domaradzki, Marek Badowski

**MOŻLIWOŚĆ CHEMICZNEGO OGRANICZANIA
WYSTĘPOWANIA *SOLIDAGO GIGANTEA* AITON
NA TERENACH ODŁOGOWANYCH**

**POSSIBILITY OF CHEMICAL REDUCTION OF *SOLIDAGO
GIGANTEA* AITON OCCURRENCE ON FALLOW LANDS**

*Institut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu
Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute in Puławy,
Department of Weed Science and Tillage Systems in Wrocław*

Solidago gigantea Aiton sprowadzona została do Europy z Ameryki Północnej. Jest gatunkiem inwazyjnym, doskonale aklimatyzuje się i wypiera gatunki rodzime. Obecnie pospolita na obszarze całej w Polsce. Występuje zwłaszcza na siedliskach ruderalnych i odłogach. W Polsce występuje ponad 400 tys. ha odłogów. Co roku terenów tych ubywa, gdyż są przywracane do produkcji rolniczej. Dlatego ważnym jest problem eliminacji uciążliwych chwastów występujących na tych obszarach, jak *S. gigantea*.

W latach 2009–2010 wykonano doświadczenia, w których oceniono możliwość chemicznego zwalczania *S. gigantea* na terenach odłogowanych. W badaniach wykorzystano 9 herbicydów, stosowanych samodzielnie oraz w mieszaninach. Skuteczność oceniono po 2, 4, 6 i 8 tygodniach od aplikacji herbicydów.

Najlepszy efekt (100% skuteczności) osiągnięto, stosując herbicyd zawierający trichlopyr oraz mieszaniny [trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid] i [flazasulfuron + glifosat]. Bardzo dobre rezultaty (90–98%) zapewniało stosowanie herbicydu zawierającego glifosat oraz mieszaninę [flumiok-sazylna + glifosat]. Inne z badanych herbicydów oraz ich mieszanin działały słabiej, zapewniając skuteczność na poziomie 15–65%.

SŁOWA KLUCZOWE: *Solidago gigantea*, herbicydy, odłogi

WSTĘP

Solidago gigantea Aiton jest gatunkiem występującym naturalnie na obszarze Stanów Zjednoczonych i południowej Kanady (Gleason, Cronquist 1991). Do Europy został zawleczony w XVIII w. jako roślina ozdobna. Pierwszym miejscem introdukcji był Ogród Botaniczny w Londynie w 1758 r. (Weber 1998). Po niespełna stu latach rozpoczęła się ekspansja tego gatunku na Europę. W pierwszej połowie XIX w. *S. gigantea* obserwowano we Francji. Pół wieku później gatunek ten występował w Niemczech, Szwajcarii i Austrii, by pod koniec XIX w. pojawić się w Europie Centralnej. Szybkość rozprzestrzeniania *S. gigantea* określono na 910 km²/rok (Weber, Jakobs 2005). W Polsce trafiła do uprawy w ogrodach pod koniec XIX w. Stamtąd w latach 40. i 50. XX w. rozpoczyna ekspansję początkowo na tereny ruderalne, następnie na zarośla, tereny nadrzeczne (Grime 2002).

S. gigantea jest gatunkiem inwazyjnym, doskonale aklimatyzuje się i wypiera gatunki rodzime. Obecnie pospolita na obszarze całej Polski, a zwłaszcza w jej południowo-zachodniej części, gdzie wypiera inne gatunki z rodzaju *Solidago*. W ostatnich latach obserwuje się ten gatunek również na miedzach, w zakrzaczeniach śródpolnych i na odłogach (Szymura, Wolski 2006). Ekspansja *S. gigantea* powoduje, że rośnie ona w zwartych łąkach, zajmuje coraz większe powierzchnie gruntów nieużytkowanych rolniczo i zagraża roślinności rodzimej, eliminując ją z ekosystemów (Guzikowa, Maycock 1986).

W Polsce występuje ponad 400 tys. ha odłogów. Co roku terenów tych ubywa, gdyż są przywracane do produkcji rolniczej. Dlatego ważnym problemem jest eliminacja uciążliwych chwastów występujących na tych obszarach, jak np. *S. gigantea*.

Celem przeprowadzonych badań była analiza możliwości chemicznego zwalczania *S. gigantea* na terenach odłogowanych, wraz z oceną odrastania roślin tego gatunku po zabiegu herbicydowym.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2009–2011 wykonano doświadczenia, w których oceniono możliwość chemicznego zwalczania *S. gigantea* na terenach odłogowanych. Przeprowadzono je metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 25 m². Wszystkie doświadczenia zlokalizowane były na odłogach, na glebach należących do gleb płowych klasy V. W badaniach uwzględniono 9 herbicydów, stosowanych samodzielnie oraz w mieszaninach. Charakterystykę badanych herbicydów, tj. zawartość substancji aktywnej i dawki środków przedstawiono w tabeli 1. Wszystkie herbicydy stosowano wiosną, po ruszeniu wegetacji w fazie do 8 liści *S. gigantea*. Zabiegi wykonano za pomocą opryskiwacza plecakowego Gloria, ze stałym ciśnieniem 0,25 MPa i wydatkiem cieczy użytkowej 250 l/ha.

Skuteczność działania badanych herbicydów oceniono po 2, 4, 6 i 8 tygodniach od ich aplikacji (tab. 2). Odrastanie roślin *S. gigantea* analizowano jesienią po upływie 3 i 5 miesięcy od zastosowania badanych herbicydów. W obydwu przypadkach ocenę przeprowadzono metodą szacunkową. Jako minimalny, wymagany poziom skuteczności, zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem (Rozporządzenie 2004, 2005) przyjęto ograniczenie świeżej masy chwastu o co najmniej 85% w stosunku do obiektu kontrolnego, nie traktowanego herbicydami.

Tabela 1

Table 1

Charakterystyka badanych herbicydów
Characteristic of tested herbicides

Substancje aktywne Active substances	Zawartość substancji aktywnej Contain of active substance	Dawka herbicydu na hektar Dosage of herbicide per hectar
glifosat	360 g l ⁻¹	5 l
dichlobenil	170 g l ⁻¹	6 l
trichlopyr + fluoksypyr + chlopyralid	100 g l ⁻¹ + 75 g l ⁻¹ + 50 g l ⁻¹	4 l
trichlopyr	480 g l ⁻¹	4 l
flazasulfuron	250 g kg ⁻¹	300 g
flumioksazyne + glifosat	100 g l ⁻¹ + 270 g l ⁻¹	3 l
flazasulfuron + glifosat	1.33 g kg ⁻¹ + 28.8 g kg ⁻¹ g	3 kg
propoksykarbazon sodowy + jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron	140 g kg ⁻¹ + 6.3 g kg ⁻¹ + 60 g kg ⁻¹	0.3 kg
foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy	300 g kg ⁻¹ + 10 g kg ⁻¹	150 g + 1 l

WYNIKI

S. gigantea traktowana badanymi herbicydami, po 2 tygodniach najsilniej reagowała na mieszaniny [flazasulfuron + glifosat] i [flumioksazyne + glifosat], które zwalczały ten chwast w 82–86%. Po upływie 4 i 6 tygodni wysoką skuteczność działania (91–100%) obserwowano na obiektach opryskiwanych glifosatem, trichlopyrem oraz mieszaninami [trichlopyr + fluoksypyr + chlopyralid], [flazasulfuron + glifosat] i [flumioksazyne + glifosat]. Ocena skuteczności przeprowadzona po 8 tygodniach od aplikacji herbicydów pozwala stwierdzić, że najlepszy efekt zwalczania *S. gigantea* (100% skuteczności) osiągnięto, stosując herbicyd zawierający trichlopyr oraz mieszaniny [trichlopyr + fluoksypyr + chlopyralid] i [flazasulfuron + glifosat]. Bardzo dobre rezultaty (93–97%) zapewniało stosowanie herbicydu zawierającego glifosat oraz mieszaninę [flumioksazyne + glifosat]. Inne z badanych herbicydów oraz ich mieszaniny działały znacznie słabiej. Flazasulfuron zwalczał *S. gigantea* w 65%, mieszanina [foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy] – w 50%, natomiast dichlobenil i mieszanina [propoksykarbazon sodowy + jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron] w 15–30%.

Słabe działanie niektórych herbicydów było powodem odrastania *S. gigantea* (tab. 3). Ocena wykonana po 3 miesiącach od zastosowania herbicydów pokazuje, że najsilniejsze i najszybsze odrastanie roślin tego gatunku (w 90%) wystąpiło po zastosowaniu herbicydu zawierającego dichlobenil. Nieco słabiej (w 45–60%) odrastały rośliny traktowane środkiem flazasulfuron oraz mieszaninami [foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy] i [propoksykarbazon sodowy + jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron]. Na poletkach pozostałych obiektów odrastanie było nieznaczne i wynosiło od 0 do 9%.

Tabela 2

Table 2

Skuteczność zwalczania *S. gigantea* przez oceniane herbicydy i ich mieszaniny
Efficacy of *S. gigantea* control by estimated herbicides and its mixtures

Substancje aktywne Active substances	Dawka herbicydu na hektar Dosage of herbicide per hectare	Skuteczność zwalczania <i>S. gigantea</i> – tygodnie po zabiegu (%) Efficacy of <i>S. gigantea</i> control at weeks after treatments			
		2 tygodnie 2 weeks	4 tygodnie 4 weeks	6 tygodni 6 weeks	8 tygodni 8 weeks
glifosat	5 l	69	98	99	97
dichlobenil	6 l	15	18	21	15
trichlopyr + fluoksypyr + chlopyralid	4 l	68	91	100	100
trichlopyr	4 l	69	94	100	100
flazasulfuron	300 g	42	56	66	65
flumioksazyna + glifosat	3 l	82	91	92	90
flazasulfuron + glifosat	3 kg	86	98	100	100
propoksykarbazon sodowy + jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron	0,3 kg	10	48	50	30
foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy	150 g + 1 l	28	50	60	50

Tabela 3

Table 3

Odrastanie *S. gigantea* traktowanej przez oceniane herbicydy i ich mieszaniny
Regrowing of *S. gigantea* treated by estimated herbicides and its mixtures

Substancje aktywne Active substances	Dawka herbicydu na hektar Dosage of herbicide per hectare	Odrastanie <i>S. gigantea</i> – miesiące po zabiegu (%) <i>S. gigantea</i> regrowing at months after treatments	
		3 miesiące 3 months	5 miesięcy 5 months
glifosat	5 l	4	27
dichlobenil	6 l	90	100
trichlopyr + fluoksypyr + chlopyralid	4 l	0	3
trichlopyr	4 l	0	4
flazasulfuron	300 g	45	100
flumioksazyna + glifosat	3 l	9	40
flazasulfuron + glifosat	3 kg	0	5
propoksykarbazon sodowy + jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron	0,3 kg	60	70
foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy	150 g + 1 l	50	60

Kolejna ocena przeprowadzona po 5 miesiącach od wykonania zabiegu wykazała, że na obiektach na których zastosowano flazasulfuron oraz dichlobenil, *S. gigantea* odrosła w 100%. Rośliny traktowane mieszaninami [foramsulfuron + jodosulfuron metylosodowy] i [propoksykarbazon sodowy + jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron] odrastały w 60–70%. Osobniki *S. gigantea* traktowane glifosatem odrastały w 27%, a mieszaniną [flumioksazylna + glifosat] w 40%. Najślabsze odrastanie roślin (nieprzekraczające 5%) obserwowano na obiektach, na których zastosowano trichlopyr oraz mieszaniny [trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid] i [flazasulfuron + glifosat].

DYSKUSJA NAD WYNIKAMI

W Polsce w roku 2010 powierzchnia odłogów wynosiła 498,4 tys. ha, co stanowiło 4,1% gruntów ornych i była mniejsza w porównaniu z rokiem 2000 o 790,4 tys. ha (Rocznik Statystyczny 2010). Tendencja ta pokazuje, że w skali kraju istnieje duże zainteresowanie przywracaniem do produkcji rolnej terenów odłogowanych. Miało to miejsce zwłaszcza po roku 2004, po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej. Związane to jest głównie z dopłatami bezpośrednimi dla rolników, prowadzących produkcję rolniczą na gruntach ornych.

Gatunki z rodzaju *Solidago* dysponują potencjałem allelopatycznym mogącym hamować rozwój innych roślin (Abhilasha i wsp. 2008). Ponadto stwierdzono, że gatunek ten może modyfikować obieg węgla i fosforu w glebie (Ehrenfeld 2003). Ujemnie wpływa na zawartość azotu azotanowego i dostępnych form fosforu oraz trwałość agregatów glebowych. Powoduje również wzrost gęstości objętościowej gleby (Zhang i wsp. 2009).

Jednym z szybszych i skuteczniejszych sposobów eliminacji *S. gigantea*, występującej na odłogach, jest zwalczanie chemiczne. Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że najlepsze efekty w regulacji występowania *S. gigantea* osiągnięto, stosując herbicydy zawierające trichlopyr i glifosat oraz mieszaniny [trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid], [flazasulfuron + glifosat] i [flumioksazylna + glifosat]. W 8. tygodniu po aplikacji skuteczność tych środków wyniosła 93–100%. Niestety, na niektórych z tych obiektów *S. gigantea* zaczęła odrastać. Miało to miejsce po zastosowaniu glifosatu (27% odrastania roślin) i mieszaniny [flumioksazylna + glifosat] (40% odrastania). Najślabsze odrastanie roślin po 5 miesiącach od wykonania zabiegu obserwowano na obiektach, na których zastosowano trichlopyr oraz mieszaniny [trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid] i [flazasulfuron + glifosat]. Na tych obiektach odsetek roślin, które odrastały, nie przekraczał 5%.

Badania prowadzone w Chinach na terenach nieużytkowanych rolniczo pokazują, że gatunki z rodzaju *Solidago* opanowują coraz większe powierzchnie kraju i stanowią bardzo duży problem dla zbiorowisk naturalnych. Najsilniejsza ekspansja *Solidago sp.* występuje we wschodniej części kraju (Mei i wsp. 2006). W związku z tym podjęto działania mające na celu opracowanie chemicznych metod ograniczania występowania gatunków z rodzaju *Solidago* na terenach nieużytkowanych rolniczo. Spośród badanych herbicydów najlepsze efekty zapewniały metsulfuron metylowy, sulfometuron metylowy, imazapyr, flazasulfuron i chlorsulfuron (97–100% skuteczności). W tych doświadczeniach obserwowano również odrastanie roślin po zastosowaniu herbicydów. Miało to miejsce po aplikacji środków zawierających glifosat, fluroksypyr, MCPA, bentazon i oksyfluorfen (Shen i wsp. 2005, Yuan 2008).

Obserwacje własne autorów prowadzone na Dolnym Śląsku pokazują jednak, że niezależnie od zastosowanych środków chemicznych na terenach przywróconych do użytkowania rolniczego intensywna uprawa mechaniczna gleby oraz konkurencyjne oddziaływanie rośliny uprawnej powodują całkowite wyeliminowanie *S. gigantea* ze zbiorowiska w ciągu kilku lat.

WNIOSKI

1. Najlepsze efekty w regulacji występowania *S. gigantea* osiągnięto, stosując herbicydy zawierające trichlopyr i glifosat oraz mieszaniny [trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid], [flazasulfuron + glifosat] i [flumioksazylna + glifosat]. Skuteczność tych środków po 8 tygodniach od aplikacji wynosiła 93–100%.

2. Po 5 miesiącach od wykonania zabiegu obserwowano odrastanie roślin *S. gigantea* po zastosowaniu glifosatu i mieszaniny flumioksazylna + glifosat. Zjawisko to osiągnęło wartość od 27 do 40%.

3. Najślabsze odrastanie, nieprzekraczające 5%, wystąpiło na obiektach, na których zastosowano trichlopyr oraz mieszaniny [trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid] i [flazasulfuron + glifosat].

PIŚMIENNICTWO

- Abhilasha D., Quintana N., Vivanco J., Joshi J., 2008. Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* s.l. restrain the native European flora? *J. Ecology*, 96: 993–1001.
- Ehrenfeld J.G., 2003. Effect of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. *Ecosystems*, 6: 503–523.
- Gleason H.A., Cronquist A., 1991. *Manual of Vascular Plants of Northeastern US and Adjacent Canada*. New York Botanical Garden, New York.
- Grime J.P., 2002. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. 2nd Edytion, Wiley.
- Guzikowa M., Maycock P.F., 1986. The invasion and expansion of three North American species of Goldenrod (*Solidago canadensis* L. sensu lato, *S. gigantea* Aid. and *S. graminifolia* (L.) Salisb.) in Poland. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 55 (3): 367–384.
- Mei D., Jian-Zhong L., Wen-Ju Z.C., Bo L., 2006. Canada goldenrod (*Solidago canadensis*): An invasive alien weed rapidly spreading in China. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 44 (1): 72–85.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2010. Główny Urząd Statystyczny.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 4.08.2004 r. (Dz. U. Nr 183 poz. 1890) oraz z dn. 14.04.2005 r. (Dz. U. Nr 76 poz. 670).
- Shen G.-H., Yao H.-M., Guan L.-Q., Qian Z.-G., Ao Y.-S., 2005. Distribution and Infestation of *Solidago canadensis* L. in Shanghai Suburbs and Its Chemical Control. *Acta Agriculturae Shanghai*, 21 (2): 1–4.
- Szymura M., Wolski K., 2006. Zmiany krajobrazu pod wpływem ekspansywnych bylin północnoamerykańskich z rodzaju *Solidago* L. *Problemy Ekologii Krajobrazu XVI*: 451–460.

- Yuan G., 2008. Study on the Control of *Solidago canadensis* by Spraying Metsulfuron-methyl. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 32: 14188–14189.
- Weber E., 1998. The dynamics of plant invasions: a case study of three exotic goldenrod species (*Solidago* L.) in Europe. J. Biogeogr., 25: 147–154.
- Weber E., Jakobs G., 2005. Biological flora of Central Europe: *Solidago gigantea* Aiton. Flora 200: 109–118.
- Zhang Ch.B., Wang J., Quin B.Y., Li W.H., 2009. Effects of the invader *Solidago canadensis* on soil properties. Applied Soil Ecology, 43: 163–169.

POSSIBILITY OF CHEMICAL REDUCTION OF *SOLIDAGO GIGANTEA* AITON OCCURRENCE ON FALLOW LANDS

Summary

Solidago gigantea Aiton from North America to Europe was brought. It is a invasive weed species which perfectly acclimatizes and displaces native species. Presently *S. gigantea* is very common in the whole area of Poland. It appears particularly in ruderal habitats and on fallow lands. In Poland appear above 400 000 ha fallow lands. The surface of this area is decrease each year because they are restored to agriculture production. Therefore very important problem is elimination of oppressive weed species (like *S. gigantea*) which appear in this areas.

In the years 2009–2010 the trials were carried out. In this experiments possibilities of *S. gigantea* chemical control in fallow lands were estimated. In the trials 9 herbicides (used single and in the tank mix) were applied. The efficacy of herbicides in 2, 4, 6 and 8 weeks after treatment was evaluated.

The best effect of *S. gigantea* control (100% efficacy) after application of trichlopyr and mixtures [trichlopyr + fluroksypyr + chlopyralid] and [flazasulfuron + glifosat]. Very good results (90–98%) provided application of herbicides containing glifosat and mixture [flumioksazyna + glifosat]. Another with examined herbicides and its mixtures have had a weak effect. Its efficacy oscillated in the level 15–65%.

KEY WORDS: *Solidago gigantea*, herbicides, fallow lands

Hanna Gołębiowska

**KONKURENCYJNE ODDZIAŁYWANIE *ARTEMISIA VULGARIS* L.
W ZALEŻNOŚCI OD TERMINU SIEWU KUKURYDZY
UPRAWIANEJ W MONOKULTURZE**

**COMPETITIVE EFFECTS OF *ARTEMISIA VULGARIS* L.,
DEPENDING ON SOWING DATE OF MAIZE GROWN
IN MONOCULTURE¹**

*Institut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu
Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute in Puławy,
Department of Weed Science and Tillage Systems in Wrocław*

W rejonie południowo-zachodniej Polski w ostatnich latach obserwuje się znaczny wzrost zachwaszczenia bylicą pospolitą (*Artemisia vulgaris*), zwłaszcza w monokulturze kukurydzy na plantacjach z zastosowaniem uproszczeń uprawowych. Wiąże się to między innymi ze wzrostem zainteresowania rolników przywracaniem terenów ruderalnych i gleb odłogowanych do rolniczego wykorzystania i możliwością otrzymywania dopłat bezpośrednich.

Celem badań przeprowadzonych w latach 2009–2011 było obniżenie konkurencyjnego oddziaływania *Artemisia vulgaris* w monokulturze kukurydzy w zależności od terminu siewu kukurydzy. W latach 2009–2011 w warunkach doświadczeń mikropoletkowych oceniano siłę konkurencyjną okazów jednorocznych i wieloletnich *A. vulgaris* na wzrost oraz plon i masę tysiąca ziaren kukurydzy w zależności od ich liczebności, tj. 1, 3, 5, 7 szt./m².

Natomiast w warunkach doświadczeń polowych, w których stosowano wczesny i optymalny termin siewu, określano konkurencyjne oddziaływanie tego gatunku w stosunku *Echinochloa crus galli*, *Chenopodium album*, *Viola arvensis*, *Veronica persica* dominujących w zbiorowisku chwastów, skuteczność ich niszczenia herbicydem Milagro 040 SC i mieszaniną Milagro 040 SC z Callisto 100 SC oraz oddziaływanie *A. vulgaris* na wzrost roślin, a także plon i masę tysiąca ziaren kukurydzy.

Wyniki doświadczeń mikropoletkowych z zastosowaniem zróżnicowanych liczebnowo form wieloletnich i jednorocznych *A. vulgaris* wykazały, że kukurydza zareagowała istotnym obni-

Do cytowania – For citation: Gołębiowska H., 2012. Konkurencyjne oddziaływanie *Artemisia vulgaris* L. w zależności od terminu siewu kukurydzy uprawianej w monokulturze. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 25–34.

żeniem wzrostu i plonowania przy obsadzie 5 szt./m² dla form jednorocznych i przy obsadzie 1 szt./m² dla form wieloletnich.

W doświadczeniu polowym na obiektach z zastosowaniem wczesnego terminu siewu, tj. I dekada kwietnia notowano niższe liczebności tego gatunku w porównaniu z optymalnym terminem. Pojawiające się egzemplarze form wieloletnich *A. vulgaris* były niższe i w gorszej kondycji, formy jednoroczne występowały sporadycznie, a kukurydza lepiej znosiła ich obecność w zasiewach oraz wykazała wyższą siłę konkurencji w stosunku do takich gatunków chwastów w zbiorowisku jak: *V. arvensis* i *V. persica*. Również działanie chwastobójcze herbicydów, zwłaszcza mieszaniny Milagro 040 SC z Callisto 100 SC, było skuteczniejsze w tym terminie. Termin siewu kukurydzy okazał się istotnym czynnikiem wpływającym na obniżenie konkurencyjnego oddziaływania *Artemisia vulgaris* w zasiewach kukurydzy uprawianej w monokulturze.

SŁOWA KLUCZOWE: jednoroczne okazy *A. vulgaris*, wieloletnie okazy *A. vulgaris*, konkurencyjne oddziaływanie, herbicydy, zwalczanie chwastów

WSTĘP

A. vulgaris (bylica pospolita) to gatunek z rodziny astrowatych, wiatropylna i azotolubna, w Polsce występuje jako pospolity wieloletni chwast porastający przydroża, tereny ruderalne i odłogowane. Jako typowy chametofit zielny wytwarza w dolnych częściach pędu pączki umożliwiające przetrwanie w niekorzystnych zimowych warunkach oraz odtworzenie się w przyszłym sezonie wegetacyjnym. Rozsiewa się niełupkami pozbawionymi puchu lotnego oraz rozmnaża wegetatywnie za pomocą podziemnych karp (Tymrakiewicz 1976).

Przywracanie odłogów do ponownego rolniczego wykorzystania, zaniechanie uprawy płużnej i wprowadzenie uprawy powierzchniowej lub siewu bezpośredniego umożliwiają przenikanie bylicy pospolitej do niektórych agrocenoz. Łatwość migracji tego ekspansywnego gatunku wynika z faktu, że nie napotyka konkurencji ze strony chwastów segetalnych i przez to stwarza duże zagrożenie dla równowagi ekologicznej (Badowski, Gołębiowska 2009).

W rejonie południowo-zachodniej Polski w ostatnich latach obserwuje się znaczny wzrost zachwaszczenia *A. vulgaris*, zwłaszcza w monokulturze kukurydzy, ale również w zbożach oraz rzepaku ozimym na plantacjach z zastosowaniem uproszczeń uprawowych, szczególnie na glebach lekkich (Gołębiowska, Badowski 2010).

W latach 2005–2009 prowadzono badania florystyczne nad rozprzestrzenianiem się *A. vulgaris*, w różnych systemach uprawowych kukurydzy. Częstotliwość występowania oraz współczynniki pokrycia pozwoliły dokonać oceny faktycznego zagrożenia kukurydzy przez *A. vulgaris* (Gołębiowska, Badowski 2010). Stwierdzono, że w uprawach bezpłużnych występuje istotnie największe zagrożenie tym gatunkiem i niższa skuteczność chwastobójcza herbicydów w porównaniu z systemami płużnymi. W tej sytuacji poszukuje się rozwiązań mających na celu obniżenie niekorzystnego oddziaływania tego gatunku w wieloletniej uprawie kukurydzy.

Celem badań przeprowadzonych w latach 2009–2011 było ustalenie zagrożenia *A. vulgaris* w zależności od występowania dwóch form rozmnażania tego gatunku oraz

ograniczenie konkurencyjnego oddziaływania *A. vulgaris* w kukurydzy uprawianej w monokulturze w zależności od terminu siewu i zastosowanych wariantów herbicydowych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia prowadzone w latach 2009–2011 były realizowane w uprawie uproszczonej monokultury kukurydzy na polach należących do Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Jelcz Laskowice oraz w warunkach doświadczenia mikropoletkowego zlokalizowanego na polu należącym do Zakładu Herbolologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu. Charakterystykę stanowiska pod doświadczeniami polowymi podano w tabeli 1. Doświadczenia zakładano metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach.

Tabela 1
Table 1

Wskaźniki siedliska Indicators of habitat

Typ gleby Soil type	Gleby płowe wytworzone z piasku słabogliniastego na glinie lekkiej należące do kompleksu żytniego dobrego Haplic luvisols formed from slightly sand on light clay belonging to a good rye complex
Klasa gleby Soil class	IVa, IVb,
pH odczyn Hydrogenion concentration	5,0–5,3
Zawartość materii organicznej Organic matter content	1,2–1,5
System uprawy Type of cultivation	plużny plough

W warunkach doświadczeń mikropoletkowych na poletkach o powierzchni 9 m² oceniano siłę konkurencyjną dwóch form *A. vulgaris* siewek i karp w zależności od poziomu nasilenia, tj.: 1 szt./m², 3 szt./m², 5 szt./m² i 7 szt./m² na wzrost i plonowanie kukurydzy. Z nasion pozyskanych z plantacji kukurydzy w rejonie Jelcza Laskowic wyhodowano w warunkach szklarniowych sadzonki *A. vulgaris* w kuwetach na podłożu torfowym, karpki do doświadczeń pozyskiwano z tych samych lokalizacji. W fazie BBCH 11–12, tj. po wykształceniu 1–2 liści kukurydzy na poszczególnych poletkach doświadczalnych sadzono zarówno sadzonki z nasion, jak i karpki *A. vulgaris*. W okresie intensywnego wzrostu tj. w fazie BBCH 34 oraz po wykształceniu wiech w fazie BBCH 65 dokonano pomiarów wysokości roślin z 10 roślin w rzędzie. Doświadczenie w całym sezonie wegetacyjnym utrzymywano w stanie wolnym od innych chwastów.

W warunkach doświadczeń polowych zakładanych w dwóch terminach siewu kukurydzy: wczesnym – I dekada kwietnia i optymalnym – I dekada maja na poletkach

o powierzchni 25 m² oceniano konkurencyjne oddziaływanie form jednorocznych (siewki) i wieloletnich (karpy) *A. vulgaris* zarówno na roślinę uprawną, jak i zbiorowisko chwastów *E. crus galli*, *Ch. album*, *V. arvensis*, *V. persica*. Stan i stopień zachwaszczenia oceniano metodą szacunkową na podstawie liczenia chwastów na ramce o powierzchni 0,25 m² w trzech rzutach i ustalając liczbę roślin na 1 m² wykonywaną na początku wegetacji oraz metodą agrofitosocjologiczną przed zbiorem kukurydzy, podając w % stopień pokrycia gleby przez chwasty. Natomiast skuteczność niszczenia chwastów oraz dwóch form *A. vulgaris* oceniano po zastosowaniu herbicydu Milagro 040 SC oraz jego mieszanki z Callisto 100 SC, których charakterystyki podano w tabeli 2.

W czasie zbioru w każdym doświadczeniu ustalono plon ziarna i MTZ (w przeliczeniu na 15% wilgotności). Do statystycznego opracowania wyników wykorzystano metodę analizy wariancji. Istotność różnic testowano, stosując 95% przedział ufności Tukey'a.

Tabela 2
Table 2

Charakterystyka herbicydów uwzględnionych w doświadczeniu
Characteristic of herbicides tested in experiments

Herbicyd Herbicide	Zawartość s.a Content of a.i. (g/dm ³)	Dawka na ha Dose per ha	Terminy stosowania Dates of applications (BBCH)
Milagro 040 SC	nikosulfuron 40 g·dm ³	1,5 l	BBCH 13
Milagro 040 SC + Callisto 100 SC	nikosulfuron 40 g·dm ³ + mezotrion 100 g·dm ³	1,0 + 0,8l	BBCH 13

BBCH 13–14–3–4 liście kukurydzy, 3–4 leaves of maize

WYNIKI

Wyniki badań doświadczeń mikropoletkowych z zastosowaniem zróżnicowanych liczebności form wieloletnich i jednorocznych *A. vulgaris* wykazały, że kukurydza reagowała istotnym obniżeniem wzrostu i plonowania przy obsadzie 5 szt./m² dla form jednorocznych i przy osadzie 1 szt./m² dla form wieloletnich (tab. 5 i 6). Uzyskane wyniki badań świadczą o wysokiej sile konkurencji tego gatunku zwłaszcza form wieloletnich istotnie oddziałujących na wysokość plonowania kukurydzy.

Konkurencyjne oddziaływanie dwóch form *A. vulgaris* na wzrost i plonowanie kukurydzy obserwowano także w zbiorowisku chwastów z dużym udziałem *E. crus-galli*, *Ch. album*, *V. arvensis*, *V. persica* typowych dla siedliska gleby płowej w dwóch terminach siewu. Na obiektach z zastosowaniem optymalnego terminu siewu kukurydzy notowano wyższe liczebności okazów tego gatunku, zwłaszcza form jednorocznych w porównaniu z wczesnym terminem siewu oraz wyższą siłą konkurencji w stosunku do takich gatunków chwastów w zbiorowisku jak: *V. arvensis* i *V. persica* (tab. 3). Zastosowanie wczesnego terminu siewu kukurydzy spowodowało, że pojawiające się egzemplarze form wieloletnich *A. vulgaris* były niższe i w gorszej kondycji, formy jednoroczne występowały sporadycznie, a kukurydza lepiej znosiła ich obecność w zasiewach, o czym świadczy także niższy stopień pokrycia gleby okazami tego gatunku przeprowadzony w pełni wegetacji. Również na podstawie tej oceny stopnia pokrycia gleby przez poszczególne gatunki chwastów można stwierdzić, że konkurencja *A. vulgaris* w stosunku do *V. arvensis* i *V. persica*

była niższa we wcześniejszym terminie siewu, a gatunki te utrzymywały się w zbiorowisku aż do zbioru. Zastosowane warianty herbicydowe wykazały, że jedynie mieszanina herbicydów Milagro 040 SC z Callisto 100 SC skutecznie eliminowała zachwaszczenie gatunkami dominującymi oraz formy jednoroczne *A. vulgaris*, zaś formy wieloletnie były średnio wrażliwe na jej działanie, efekt chwastobójczy w tym terminie był znacznie wyższy w porównaniu z terminem późniejszym (tab. 3 i 4). Uzyskane wyniki pomiarów wysokości roślin jak i poziom plonowania świadczą również o istotnym oddziaływaniu tego gatunku na wzrost i plonowanie kukurydzy. Najwyższe plony ziarna uzyskano na obiekcie z zastosowaniem mieszaniny herbicydów Milagro 040 SC z Callisto 100 SC we wcześniejszym terminie siewu kukurydzy (tab. 3 i 4). Termin siewu kukurydzy okazał się istotnym czynnikiem wpływającym na obniżenie konkurencyjnego oddziaływania *A. vulgaris* w zasiewach kukurydzy uprawianej w monokulturze.

Tabela 3

Table 3

Wpływ poziomu nasilenia okazów jednorocznych *Artemisia vulgaris* na wzrost i plonowanie kukurydzy w latach 2009–2011

Impact of intensification level of annuals specimens *Artemisia vulgaris* on height of plants and yield of maize in 2009–2011

Poziomy nasilenia okazów jednorocznych <i>Artemisia vulgaris</i> Levels of intensity annuals specimens <i>Artemisia vulgaris</i>	Wysokość roślin BBCH 34 (cm) Height of plants BBCH 34	Wysokość roślin BBCH 65 (cm) Height of plants BBCH 65	Plon ziarna (dt·ha ⁻¹) Yield of grain	Masa tysiąca ziaren (g) Weight thousand grain
1 szt./m ²	135	285	14,56	299,8
3 szt./m ²	130	280	13,25	296,9
5 szt./m ²	130	240	9,22	269,1
7 szt./m ²	105	205	6,32	225,1
NIR – LSD (0,05)		22,32	1,122	14,23

Tabela 4

Table 4

Wpływ poziomu nasilenia okazów wieloletnich *Artemisia vulgaris* na wzrost i plonowanie kukurydzy w latach 2009–2011

Impact of intensification level of perennial specimens *Artemisia vulgaris* on height of plants and yield of maize in 2009–2011

Poziomy nasilenia form wieloletnich <i>Artemisia vulgaris</i> Levels of intensity perennial specimens <i>Artemisia vulgaris</i>	Wysokość roślin BBCH 34 (cm) Height of plants BBCH 34	Wysokość roślin BBCH 65 (cm) Height of plants BBCH 65	Plon ziarna (dt·ha ⁻¹) Yield of grain	Masa tysiąca ziaren (g) Weight thousand grain
1 szt./m ²	140	280	14,79	300,3
3 szt./m ²	130	265	12,32	282,6
5 szt./m ²	115	185	7,56	265,3
7 szt./m ²	95	155	5,24	215,3
NIR – LSD (0,05)		21,3	1,125	16,23

Tabela 5
Table 5

Skuteczność niszczenia *Artemisia vulgaris* L. we wczesnym terminie siewu oraz wpływ na wzrost i plonowanie kukurydzy w latach 2009–2011
The effectiveness of *Artemisia vulgaris* L. control in the early sowing date and their impact on height of plants and yield of maize in 2009–2011

Obiekt Treatment	Dawka/ha Dose/ha	Zniszczenie chwastów (%) Weed control								Stożenie pokrycia gleby przez chwasty (%) Degree of soil coverage by weeds					Wysokość roślin (cm) Height of plants	Plon ziarna (dt·ha ⁻¹) Yield of grain	Masa tysiąca ziaren (g) Weight tho- usand grain
		ECHCG	CHEAL	VIOAR	VERPE	ARTVU siewki	ARTVU kapy	OTHER	ZEAMA	ECHCG	CHEAL	VIOAR	VERPE	ARTVU			
Kontrola Untreatment	–	*35	*19	*5	*3	*1	*2	*12	76	9	18	2	4	23	235	68,7	276,3
Milagro 040 SC	1,5 l	100	76	84	86	89	59	100	98	3	19	+	1	22	275	89,2	293,5
Milagro 040 SC + Callisto 100 SC	1,0 l + 0,8 l	100	95	100	100	92	81	100	100	–	2	–	+	13	275	98,6	300,1
NIR – LSD (0,05)													15,33	1,021	14,62		

* na kontroli liczba chwastów w szt./m² – on untreated object No./m²
ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, CHEAL – *Chenopodium album*, VIOAR – *Viola arvensis*, VERPE – *Veronica persica*, ARTVU – *Artemisia vulgaris* (seedlings),
ARTVU – *Artemisia vulgaris* (rhizomes)

Tabela 6
Table 6

Skuteczność niszczenia *Artemisia vulgaris* L. w późnym terminie siewu oraz wpływ na wzrost i plonowanie kukurydzy w latach 2009–2011
The effectiveness of *Artemisia vulgaris* L. control in the lately sowing date and their impact on height of plants and yield of maize in 2009–2011

Objekt Treatment	Dawka/ ha Dose/ha	Zniszczenie chwastów (%) Weed control								Stopień pokrycia gleby przez chwasty (%) Degree of soil coverage by weeds				Wysokość roślin (cm) Height of plants	Plon ziarna (dt·ha ⁻¹) Yield of grain	Masa tysięcy ziaren Weight thousand grain (g)
		ECHCG	CHEAL	VIOAR	VERPE	ARTVU	ARTVU	ARTVU	ARTVU	ARTVU	ARTVU	ARTVU	ARTVU			
Kontrola Untreatment	–	*127	*42	*14	*9	*4	*3	*23	65	9	18	26	215	48,5	266,3	
Milagro 040 SC	1,51	91	63	82	80	68	53	96	78	21	26	35	245	81,4	278,7	
Milagro 040 SC + Callisto 100SC	1,01 + 0,81	95	92	90	93	75	58	100	83	12	6	19	255	88,3	280,2	
NIR – LSD (0,05)																

* na kontroli liczba chwastów w szt./m² – on untreated object No./m²
ECHCG – *Echinochloa crus-galli*, CHEAL – *Chenopodium album*, VIOAR – *Viola arvensis*, VERPE – *Veronica persica*, ARTVU – *Artemisia vulgaris* (seedlings),
ARTVU – *Artemisia vulgaris* (rhizomes)

DYSKUSJA NAD WYNIKAMI

Uprawę bezorkową ze względu na brak zabiegów spulchniających glebę zaleca się jedynie na glebach lekkich i średniozwięzłych, gdzie z dobrym skutkiem można prowadzić intensywną uprawę zbóż i kukurydzy, ponieważ ta grupa roślin toleruje podwyższone zagęszczenie gleby w strefie korzeniowej. Jednak kilkuletnie stosowanie systemów uprawy uproszczonej, oprócz zmian większości parametrów fizycznych właściwości gleby oraz większego zachwaszczenia kukurydzy, może wpływać również na strukturę gatunkową chwastów, intensyfikację występowania chwastów wieloletnich oraz zwiększenie zachwaszczenia chwastami jednorocznymi. Wynika to z faktu, że cała masa nasion chwastów jest gromadzona na powierzchni gleby (Weber 2002, Carter i wsp. 2002, Wrzezińska i wsp. 2003, Blecharczyk i wsp. 2004).

Z danych literaturowych wiadomo, że w systemie uprawy bezorkowej zbiorowisko chwastów segetalnych wyróżnia się mniejszą różnorodnością gatunkową, jest uboższe w gatunki dwuliścienne, a więcej występuje jednoliściennych: *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*, coraz bardziej wzrasta liczebność chwastów wieloletnich: *A. vulgaris*, *Elymus repens*, *Cirsium arvense* na przestrzeni lat (Kordas 2004, Badowski, Gołębiowska 2009).

Od dawna wiadomo, że rezygnując z części zabiegów uprawowych oraz popełniając błędy w ochronie roślin, stwarzamy lepsze warunki do rozwoju chwastów niż roślin uprawnych (Rola i wsp. 2006). Wprowadzanie uproszczeń w uprawie może także ograniczać skuteczność chwastobójczą herbicydów, np. środka Maister 310 WG z adiuwantem Actirob 842 EC, przyczyniać się do wzrostu konkurencyjności i uciążliwość niszczenia gatunków wieloletnich jak *A. vulgaris* czy *C. arvense* (Gołębiowska, Badowski 2010).

Zbiorowisko chwastów, występujące w doświadczeniach polowych na glebach płowych, charakteryzowało się dużym udziałem głównie: chwastnicy jednostronnej, komosy białej, fiołka polnego, przetacznika perskiego oraz bylicy pospolitej z formami jednorocznymi i wieloletnimi. Poznanie siły konkurencyjnego oddziaływania tego gatunku pozwoliło ocenić, przy jakim poziomie nasilenia na jednostce powierzchni może istotnie zagrażać roślinie uprawnej. Wprowadzenie wcześniejszego terminu siewu kukurydzy spowodowało, że efekt chwastobójczy zastosowanych wariantów herbicydowych okazał się skuteczniejszy w porównaniu z terminem optymalnym, a problem zachwaszczenia *A. vulgaris* udało się znacznie zminimalizować.

WNIOSKI

1. Wyniki badań doświadczeń mikroplotkowych z zastosowaniem zróżnicowanych liczbowo okazów wieloletnich i jednorocznych *A. vulgaris* wykazały, że kukurydza reagowała istotnym obniżeniem wzrostu i plonowania przy obsadzie 5 szt./m² dla form jednorocznych i przy osadzie 1 szt./m² dla form wieloletnich.

2. W zbiorowisku chwastów na glebie płowej z dużym udziałem *E. crus-galli*, *Ch. album*, *V. arvensis*, *V. persica* na obiektach z zastosowaniem optymalnego terminu siewu kukurydzy notowano wyższe liczebności form jednorocznych *A. vulgaris* w porównaniu z wczesnym terminem siewu oraz wyższą siłą konkurencji w stosunku do takich gatunków chwastów w zbiorowisku jak: *V. arvensis* i *V. persica*.

3. Na podstawie tej oceny stopnia pokrycia gleby przez poszczególne gatunki chwastów można stwierdzić, że konkurencja *A. vulgaris* w stosunku do *V. arvensis* i *V. persica* była niższa we wcześniejszym terminie siewu, a gatunki te utrzymywały się w zbiorowisku aż do zbioru.

4. Uzyskane wyniki pomiarów wysokości roślin jak i poziom plonowania świadczą również o istotnym oddziaływaniu tego gatunku na wzrost i plonowanie kukurydzy. Najwyższe plony ziarna uzyskano na obiekcie z zastosowaniem mieszaniny herbicydów Milagro 040 SC z Callisto 100 SC we wcześniejszym terminie siewu kukurydzy.

5. Termin siewu kukurydzy okazał się istotnym czynnikiem wpływającym na obniżenie konkurencyjnego oddziaływania *A. vulgaris* w zasiewach kukurydzy uprawianej w monokulturze.

PIŚMIENNICTWO

- Badowski M., Gołębiowska H., 2009. Bioróżnorodność chwastów segetalnych towarzyszących uprawom rzepaku ozimego i kukurydzy na polach produkcyjnych Dolnego Śląska w zależności od siedliska i systemu gospodarowania. Pam. Puł., 150: 45–55.
- Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G., 2004. Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie kukurydzy oraz na właściwości gleby. Acta Sci. Pol., Agricultura, 3(1): 157–163.
- Carter M.R., Sanderson J.B., Ivany J.A., White R.P., 2002. Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of atlantic Canada. Soil Tillage Res., 67: 85–98.
- Gołębiowska H., Badowski M., 2010. Przenikanie *Artemisia vulgaris* do zbiorowisk segetalnych niektórych upraw rolniczych na terenie Dolnego Śląska. Fragm. Agron., 27(3): 54–62.
- Kordas L., 2004. Wpływ wieloletniego stosowania uprawy zerowej w zmianowaniu na zachwaszczenie. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 44(2): 841–844.
- Rola J., Rola H., Sekutowski T., Badowski M., 2006. Wpływ sposobu użytkowania gruntów rolnych na zbiorowiska segetalne. Pam. Puł., 143: 131–140.
- Tymrakiewicz W., 1976. Atlas chwastów. Wyd. PWRiL, Warszawa.
- Weber R., 2002. Wpływ uprawy zachowawczej na ochronę środowiska. Post. Nauk Rol., 1: 57–67.
- Wrześnińska E., Dzienia S., Wereszczaka J., 2003. Wpływ systemów uprawy roli na ilość i rozmieszczenie nasion chwastów w glebie. Agricultura, 2(1): 169–175.

COMPETITIVE EFFECTS OF *ARTEMISIA VULGARIS* L., DEPENDING ON SOWING DATE OF MAIZE GROWN IN MONOCULTURE

Summary

Results of microfields experiments using different numbers of annual and perennial specimens *A. vulgaris* revealed that maize responded to a significant inhibition of plant growth and yielding in density of five annual specimens/m² and one perennial specimen/m².

In weed community on podzolic soil with a high proportion of *E. crus-galli*, *Ch. album*, *V. arvensis*, *V. persica* on objects using the optimal sowing date of maize recorded higher annual number of forms of *A. vulgaris* in comparison with the early date of sowing and a higher strength of competition in relation to such species as weed in community *V. arvensis* and *V. persica*.

On this assessment of the degree of soil coverage by the different species of weeds, it can be concluded that competition in *A. vulgaris* in relation to *V. arvensis* and *V. persica* was lower in the earlier sowing date and the species remained in community until the harvest.

The results of measurements of plant height and yield level also demonstrate the important impact of this species on the growth and yield of corn. The highest grain yields were obtained on an object using a mixture of herbicides Milagro 040 SC with Callisto 100 SC at an earlier date of sowing corn.

Deadline for sowing corn was an important factor to reduce the competitive impact of *A. vulgaris* in crops of maize grown in monoculture.

KEY WORDS: specimens of annual *A. vulgaris*, specimens of perennial *A. vulgaris*, competitive effects herbicides, weed control

Krzysztof Heller¹, Kazimierz Adamczewski²

**STAN I STOPIEŃ ZACHWASZCZENIA LNU OLEISTEGO
W UPRAWACH EKOLOGICZNYCH I KONWENCJONALNYCH**
**STATE AND LEVEL OF WEED INFESTATION IN ORGANIC
AND CONVENTIONAL OIL FLAX**

¹*Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu*

Institute of Natural Fibres & Medicinal Plants in Poznań

²*Instytut Ochrony Roślin PIB w Poznaniu*

Institute of Plant Protection NRI in Poznań

Przedstawiono wyniki obserwacji dotyczące stanu i stopnia zachwaszczenia upraw lnu oleistego w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych.

Doświadczenia poletkowe wykonano w latach 2009–2010, w gospodarstwach ekologicznych północno-wschodniej Polski, w województwie podlaskim. Ponadto len oleisty uprawiano metodami konwencjonalnymi w doświadczeniach prowadzonych w województwach podlaskim, wielkopolskim i dolnośląskim. Zagęszczenie chwastów w uprawach ekologicznych było dwukrotnie wyższe (o 100%) niż na plantacjach konwencjonalnych lnu, przy czym stwierdzono ponad czterokrotnie wyższe (o 346%) nasilenie występowania chwastów jednoliściennych (szt. m⁻²) w porównaniu z uprawami konwencjonalnymi. W doświadczeniach prowadzonych w gospodarstwach ekologicznych najliczniej wystąpiły: *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Galim aparine* L., *Trifolium arvense* L., *Polygonum aviculare* L., *Lamium amplexicaule* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Equisetum arvense* L. oraz *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. Z wymienionych taksonów najsilniej zachwaszczała uprawy lnu chwastnica jednostronna *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. Na plantacjach konwencjonalnych lnu dominowały *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Stellaria media* Vill., *Lamium amplexicaule* L., *Thlaspi arvense* L., *Galim aparine* L., *Polygonum convolvulus* L., *Elymus repens* (L.) P.B., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. B.).

SŁOWA KLUCZOWE: len oleisty, uprawy ekologiczne, uprawy konwencjonalne, stan i stopień zachwaszczenia

Do cytowania – For citation: Heller K., Adamczewski K., 2012. Stan i stopień zachwaszczenia lnu oleistego w uprawach ekologicznych i konwencjonalnych. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 35–42.

WSTĘP

Roczne zapotrzebowanie na nasiona lnu oleistego, w krajach UE, utrzymuje się na poziomie 600 000 t, z czego 500 000 t pochodzi z importu (Kanada, Rosja, Białoruś, Chiny) a jedynie 100 000 t z rodzimych plantacji (70 000 ha). W perspektywie najbliższych 3–5 lat przewiduje się 2–3-krotny wzrost powierzchni uprawy lnu oleistego w krajach UE, co spowodowane jest wysokimi cenami na importowane (głównie z Kanady) nasiona lnu, a także zwiększonym popytem na ten surowiec w przemyśle piekarniczym, olejarstwie, spożywczym, dietetycznym i kosmetycznym. Dodatkową przyczyną zwiększonego zainteresowania rolników uprawą lnu jest korzystny jego wpływ na inne rośliny uprawiane w tym samym płodozmianie.

Najcenniejszym walorem użytkowym siemienia lnianego są jego lecznicze i dietetyczne właściwości. Paraleki wytwarzane z siemienia lnianego, dzięki ich osłaniającym i zmiękcżającym działaniom, zalecane są w chorobach przewodu pokarmowego (wrzody, nieżyty) i oddechowego (nieżyty, np. kaszel, chrypka), a także do stosowania zewnętrznego (korzystnie wpływają na skórę). Lecznicze właściwości nasion lnu wynikają z ich korzystnego wpływu na perystaltykę jelit, przemianę materii, obniżenie poziomu cholesterolu we krwi, zapobieganiu chorobom skóry oraz działaniu przeciwmiażdżycowym. Nasiona lnu cechuje wysoka zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych: alfa linolowego (57%) i linoleinowego (16%) (Daun, DeClerq 1994), które mają korzystny wpływ na zdrowie człowieka, gdyż obniżają zawartość tzw. złego cholesterolu we krwi, poprawiają gospodarkę tłuszczową na poziomie komórkowym, przez co zapobiegają chorobom układu krążenia takim jak arterioskleroza czy arytmia serca (Ascherio i wsp. 1996, Nair i wsp. 1997, Hu i wsp. 1999). Ponadto nasiona lnu dzięki wysokiej zawartości lignanów wykazują profilaktyczne działanie przeciw chorobom nowotworowym, m.in. piersi, jelita grubego i prostaty (Adlercreutz i wsp. 1986).

Walory użytkowe siemienia lnianego, wykorzystywanego w przemyśle spożywczym, paszowym, farmaceutycznym, i kosmetycznym, obligują do opracowania i wdrożenia technologii uprawy tej rośliny również w gospodarstwach ekologicznych.

Celem badań było porównanie stanu i stopnia zachwaszczenia upraw lnu oleistego w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe, z lnem oleistym odmiany Bukoz, wykonano w latach 2009–2010, w gospodarstwach ekologicznych północno-wschodniej Polski, w miejscowościach Krasnoborki, gm. Sztabin (woj. podlaskie) i Kolonia Kuryły, gm. Sokółka (woj. podlaskie). Ponadto odmianę Bukoz uprawiano metodami konwencjonalnymi w doświadczeniach prowadzonych w 2009 r. w Szepietowie (woj. podlaskie) i w Wojciechowie, gm. Olesno (woj. opolskie) oraz w 2010 r. w Starym Sielcu, gm. Jutrosin (woj. wielkopolskie) i Białołęzcu, gm. Olesno (woj. dolnośląskie). Doświadczenia wykonano metodą losowych bloków w układzie prostym w 4 powtórzeniach, z zachowaniem obsiewów. W pracy przedstawiono wyniki obserwacji stanu zachwaszczenia lnu oleistego na obiektach kontrolnych, na których nie stosowano zwalczania chwastów. Ponadto badano stopień

zachwaszczenia lnu (liczbę i masę chwastów) w obiektach kontrolnych i chronionych przed chwastami. Ocenę zachwaszczenia ładu wykonano w dniu zbioru lnu.

WYNIKI

Zagęszczenie chwastów w uprawach ekologicznych było dwukrotnie wyższe (o 100%) niż na plantacjach konwencjonalnych lnu przy czym stwierdzono ponad czterokrotnie wyższe (o 346%) nasilenie występowania chwastów jednoliściennych (szt. m⁻²) w porównaniu z uprawami konwencjonalnymi. Stopień zachwaszczenia lnu gatunkami dwuliściennymi, w obu typach upraw, utrzymywał się na zbliżonym poziomie. Powietrznie sucha masa chwastów jednoliściennych w uprawach ekologicznych była o 84,6% wyższa niż w gospodarstwach konwencjonalnych. Dla chwastów dwuliściennych wskaźnik powietrznie suchej masy chwastów w obu typach upraw był podobny (tab. 1).

Tabela 1
Table 1

Wpływ sposobu pielęgnacji na stopień zachwaszczenia lnu (2009–2010)
The effect of different methods of linseed growing on the level of weed infestation (2009–2010)

Obiekty Objects	Liczba chwastów (szt. m ⁻²) Number of weeds (plant m ⁻²)		Powietrznie sucha masa chwastów (g m ⁻²) Weed air dry mass	
	Jednoliścienne oraz EQUAR * Monocots & EQUAR *	Dwuliścienne Dicot	Jednoliścienne oraz EQUAR Monocots & EQUAR	Dwuliścienne Dicot
Uprawy ekologiczne (Bodaki, Krasnodarki) Organic farming (Bodaki, Krasnodarki)				
Bez opielania No weeding	69,6	34,0	33,6	78,8
Mechaniczne pielenie Mechanical weeding	95,5	38,0	58,4	66,3
Uprawy konwencjonalne (Białobrzezie, Szepietowo, Stary Sielec, Wojciechów) Conventional farming (Białobrzezie, Szepietowo, Stary Sielec, Wojciechów)				
Kontrola Control	15,6	36,2	18,2	72,8
Glean 75 WG (12 g ha ⁻¹)	18,2	5,2	14,2	10,2

* EQUAR – *Equisetum arvense* L.

Na ekologicznych plantacjach lnu oleistego najliczniej wystąpiły gatunki: *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Galium aparine* L., *Trifolium arvense* L., *Polygonum aviculare* L., *Lamium amplexicaule* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Equisetum arvense* L. oraz *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. (tab. 2). Z wymienionych chwastów największy problem stanowiła chwastnica jednostronna – *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. Mechaniczne

niszczenie tego gatunku w warunkach nadmiaru opadów okazało się nieskuteczne. Małe zagęszczenie roślin lnu w rzędach oraz szeroka rozstawa rzędów (30 cm) sprzyjały zjawisku wtórnego zachwaszczenia i słabej konkurencyjności rośliny uprawnej wobec chwastów.

Tabela 2

Table 2

Wpływ metody pielęgnacji na stan zachwaszczenia lnu oleistego w uprawach ekologicznych
The effect of different methods of linseed growing on state of weed infestation in organic farming.
Bodaki, Krasnodarki (2009–2010)

Obiekty Objects	Liczba chwastów (szt. m ²) * – Number of weeds (plant m ²)									
	CHE- AL	VIO- AR	GA- LAP	TRI- AR	VIC CR	PO- LAV	LA- MAM	AMA- RE	ECH- CG	EQU- AR
Bez opielania No weeding	14	5	4	5	2	1	2	1	65	5
Mechaniczne pieleniem Mechanical weeding	18	0	12	7	0	1	0	0	90	6

* W dniu zbioru lnu zanotowano – the day of oil flax harvesting was noted: CHEAL (*Chenopodium album* L.), VIOAR (*Viola arvensis* Murr.), GALAP (*Galium aparine* L.), TRIAR (*Trifolium arvense* L.), VICCR (*Vicia cracca* L.), POLAV (*Polygonum aviculare* L.), LAMAM (*Lamium amplexicaule* L.), AMARE (*Amaranthus retroflexus* L.), ECHCG (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. B.), EQUAR (*Equisetum arvense* L.)

Największą trudność w ekologicznej uprawie lnu oleistego stanowi ochrona roślin przed chwastami. Wynika to w głównej mierze z małej konkurencyjności tej rośliny w stosunku do chwastów (słaby system korzeniowy, mała powierzchnia liści, wolne tempo w początkowej fazie wzrostu) (tab. 1–2).

W uprawach konwencjonalnych lnu oleistego zanotowano następujące gatunki chwastów: *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Stellaria media* Vill., *Lamium amplexicaule* L., *Thlaspi arvense* L., *Galim aparine* L., *Polygonum convolvulus* L., *Elymus repens* (L.) P.B., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. B.) (tab. 3).

Tabela 3

Table 3

Wpływ zastosowania herbicydu Glean 75 WG na stan zachwaszczenia lnu oleistego
w uprawach konwencjonalnych
The effect of herbicide Glean 75 WG application on state of weed infestation in conventional
farming. Białobrzezie, Szepietowo, Stary Sielec, Wojciechów (2009–2010)

Obiekty Objects	Liczba chwastów (szt. m ²) * – Number of weeds (plant m ²)								
	CHEAL	VIOAR	LA- MAM	STEME	THLAR	GALAP	POLCO	ELYRE	ECHCG
Kontrola Control	22	18	16	7	6	6	5	1	17
Glean 75 WG 12 g ha ⁻¹	2	6	0	1	0	0	1	2	12

* W dniu zbioru lnu zanotowano – in day of oil flax harvesting noted: CHEAL (*Chenopodium album* L.), VIOAR (*Viola arvensis* Murr.), LAMAM (*Lamium amplexicaule* L.), STEME (*Stellaria media* Vill.), THLAR (*Thlaspi arvense* L.), GALAP (*Galium aparine* L.), POLCO (*Polygonum convolvulus* L.), ELYRE (*Elymus repens* (L.) P.B.), ECHCG (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. B.)

Zastosowanie herbicydu Glean 75 WG (12 g ha⁻¹) spowodowało zmniejszenie liczby chwastów dwuliściennych o 85,6%, co stanowiło ubytek powietrznie suchej masy chwastów na poziomie 80,0%.

DYSKUSJA NAD WYNIKAMI

W uprawach konwencjonalnych lnu oleistego wystąpiły: *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Stellaria media* Vill., *Lamium amplexicaule* L., *Thlaspi arvense* L., *Galium aparine* L., *Polygonum convolvulus* L., *Elymus repens* (L.) P.B., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. B. Skład gatunkowy chwastów towarzyszących uprawom lnu oleistego metodami konwencjonalnymi był podobny do zbiorowisk chwastów towarzyszących uprawom lnu włóknistego w naszym kraju. Wcześniej prowadzone obserwacje własne wykazały, że uprawom lnu włóknistego w Polsce towarzyszą gatunki chwastów typowe dla okopowych i zbożowych: *Chenopodium album* L., *Polygonum convolvulus* L., *Viola arvensis* Murr., *Stellaria media* Vill., *Lamium amplexicaule* L., *Thlaspi arvense* L. oraz *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B., *Poa annua* L., *Elymus repens* (L.) Gould. (Heller 1992).

Na ekologicznych plantacjach lnu oleistego najliczniej wystąpiły gatunki: *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Galim aparine* L., *Trifolium arvense* L., *Polygonum aviculare* L., *Lamium amplexicaule* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Equisetum arvense* L. oraz *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B.

Zagęszczenie chwastów w uprawach ekologicznych było dwukrotnie wyższe niż na plantacjach konwencjonalnych lnu, jednocześnie zanotowano ponad czterokrotnie wyższe nasilenie występowania chwastów jednoliściennych (szt. m⁻²) w porównaniu z uprawami konwencjonalnymi. Powietrznie sucha masa chwastów jednoliściennych w uprawach ekologicznych była wyższa niż w gospodarstwach konwencjonalnych o 84,6%. Powietrznie sucha masa chwastów dwuliściennych w obu typach upraw utrzymywała się na tym samym poziomie.

Len oleisty tym różni się od lnu włóknistego, że obok innego kierunku użytkowania (na nasiona) odmienne są wymagania siedliskowe i inna jest technologia jego uprawy. Czynniki te wpływają na zdolność konkurencyjną roślin lnu oleistego w stosunku do chwastów.

MTN odmian lnu oleistego waha się w granicach 5,4–14,0 g i jest większa niż lnu włóknistego (3,4–5,3 g), co wpływa na siłę wzrostową kielkujących roślin. Ponadto termin siewu odmian lnu włóknistego jest na ogół o 1–2 tygodnie wcześniejszy niż lnu oleistego, co powoduje, że len oleisty siany jest w bardziej ogrzanej glebie, przez co ma lepsze warunki kiełkowania i wschodów. Wczesny termin siewu lnu włóknistego wynika z dodatniej korelacji między długością okresu wegetacji a plonem włókna. Późno siany len włóknisty daje relatywnie wysoki plon słomy, charakteryzujący się jednak niską zawartością włókna (%), co wpływa negatywnie na plon włókna ogółem (kg ha⁻¹) (Heller 1992, Easson 1989, Sultana 1983).

W przypadku lnu oleistego opóźnienie terminu siewu nie skutkuje na ogół drastycznym obniżeniem plonu nasion. Późniejszy siew pozwala na lepsze przygotowanie pola pod uprawę, a ponadto umożliwia wykonanie dodatkowych zabiegów mechanicznego niszczenia chwastów. Późniejszy siew w dobrze ogrzanej glebie stwarza lepsze warunki

dla wyrównanych i pełnych wschodów. Ponadto len oleisty jako roślina klimatu kontynentalnego ma mniejsze wymagania wilgotnościowe i jest bardziej odporny na okresowy niedobór wilgoci w glebie.

Len włóknisty ma większą niż len oleisty zdolność konkurowania z chwastami o przestrzeń życiową: światło, wodę i składniki pokarmowe. Wynika to z mniejszej rozstawy rzędów, większego zagęszczenia roślin w rzędach, a także odmiennej budowy morfologicznej (len włóknisty jest wyższy niż len oleisty). Len oleisty należy siał z zachowaniem rozstawy rzędów 30 cm – optymalna szerokość międzyrzędzi w uprawie lnu włóknistego waha się w granicach od 8–12,5 cm. Zalecana dawka wysiewu nasion lnu oleistego wynosi 50 kg ha⁻¹ (12 mln szt. ha⁻¹), tak aby w dniu zbioru uzyskać zagęszczenie roślin na poziomie 8 mln szt. ha⁻¹. Dla lnu włóknistego zalecana norma wysiewu wynosi 120–140 kg ha⁻¹ (24 mln szt. ha⁻¹), co pozwala na uzyskanie zagęszczenia roślin w dniu zbioru na poziomie 18 mln szt. ha⁻¹ (Sultana 1983, Fouilloux 1988, Mańkowski, Szukała 1998). Stopień zagęszczenia lnu włóknistego decyduje o budowie morfologicznej roślin, przede wszystkim ich wysmukłości. Wysmukłość jest to wskaźnik, który określa stosunek wysokości roślin do ich grubości. Najlepsze plony włókna, dobrej jakości uzyskuje się na plantacjach, na których dominują rośliny o cienkich i długich roślinach. W uprawie lnu oleistego zagadnienie obsady roślin nie ma tak istotnego wpływu na plon nasion lnu, gdyż nawet na plantacjach o małym zagęszczeniu roślin uzyskać można zadowalające plony nasion jako rezultat większej gałęzistości roślin uprawianych w warunkach przereźdzonych wschodów (Heller 2011).

Architektura ładu ma istotne znaczenie dla ontogenezy i morfogenezy uprawianych roślin, a także ich odporności na abiotyczne i biotyczne stresy siedliska. Rośliny uprawiane w sprzyjających warunkach siedliskowych, z zastosowaniem właściwej agrotechniki, mają zwiększoną odporność na biotyczne stresy siedliska (chwasty, choroby, szkodniki). Jest to szczególnie ważne w ekologicznych uprawach lnu oleistego, gdzie trudnym do rozwiązania problemem jest ochrona roślin przed chwastami. Len należy do jednorocznych roślin jarych o delikatnej budowie morfologicznej (pojedyncza, nierozgałęziona łodyga, drobne liście, ubogi system korzeniowy), którą charakteryzuje słaba konkurencyjność o przestrzeń życiową w stosunku do chwastów (Hocking i wsp. 1987, Maddens 1989, McSheffrey i wsp. 1992).

WNIOSKI

1. W uprawach ekologicznych lnu oleistego najliczniej wystąpiły gatunki: *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Galium aparine* L., *Trifolium arvense* L., *Polygonum aviculare* L., *Lamium amplexicaule* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Equisetum arvense* L. oraz *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B.

2. Zagęszczenie chwastów w uprawach ekologicznych było dwukrotnie wyższe niż na plantacjach konwencjonalnych lnu jako rezultat dominacji *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. Masa chwastów w uprawach ekologicznych lnu była większa niż w uprawach konwencjonalnych o 23,5%.

3. Ekologiczne uprawy lnu najsilniej zachwaszczone były przez *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. Mechaniczne niszczenie tego gatunku, w warunkach nadmiaru opadów, było mało skuteczne.

4. Deszczowa pogoda w czasie wegetacji, słabe zagęszczenie roślin lnu w rzędach oraz szerokie międzyczędzia (30 cm) sprzyjały zjawisku wtórnego zachwaszczenia.

5. Największą trudność w ekologicznej uprawie lnu oleistego stanowi ochrona roślin przed chwastami. Wynika to w głównej mierze z małej konkurencyjności tej rośliny w stosunku do chwastów (słaby system korzeniowy, mała powierzchnia liści, wolne tempo w początkowej fazie wzrostu).

PIŚMIENNICTWO

- Adlercreutz H., Fotsis T., Bannwart C., Wähälä K., Mäkelä T., Brunow G., Hase T., 1986. Determination of urinary lignans and phytoestrogens metabolites, potential antiestrogens and anticarcinogens, in urine of women on various habitual diets. *J. Steroid Biochem.*, 25: 791–797.
- Ascherio A., Rimm E.B., Giovannucci E.L., Spiegelman D., Stampfer M., Willett W.C., 1996. Dietary fat and risk of coronary heart disease in men: Cohort follow up study in the United States. *Brit. Med. J.*, 313: 84–90.
- Daun J.K., DeClerq D.R., 1994. Sixty years of Canadian flaxseed quality surveys at the Grain Research Laboratory. Proc. of the Flax Institute of the United States. Flax Institute of the United States. Fargo, USA.
- Easson D.L., 1989. The agronomy of flax and its effect on fibre yield and quality following glyphosate desiccation, Proceedings of the EEC Flax Workshop, held in Brussels, Belgium, 4–5 May, 1988: 61–70.
- Fouilloux G., 1988. Breeding flax methods, Proceedings of the EEC Flax Workshop, held in Brussels, Belgium, 4–5 May, 1988: 14–25.
- Heller K., 1992. Concentration of segetal weeds on flax plantation and the possibilities of combating them by chemical methods. *Nat Fibr*, 35/36: 23–28.
- Heller K., 2011. Plonowanie odmiany lnu oleistego Bukoz w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych. *J. Res. Appl. Agr. Eng.* 56(3): 138–144.
- Hocking P.J., Randall P.J., Pinkerton A., 1987. Mineral nutrition of linseed and fiber flax. *Adv. Agron.*, 41: 221–290.
- Hu F.B., Stampfer M.J., Manson J.E., Rimm E.B., Wolk A., Colditz G.A., Hennekens C.H., Willett W.C., 1999. Dietary intake of α -linolenic acid and risk of fatal ischemic heart disease among women. *J. Clin. Nutr.*, 69: 890–897.
- Maddens K., 1989. Weed and Lodging Control Strategies. Proceedings of the EEC Flax Workshop, held in Brussels, Belgium, 4–5 May, 1988: 71–80.
- Mańkowski J., Szukała J., 1998. The influence of agronomic factors stimulating obtaining of homomorphic flax fibre with refined utility features, *Nat Fibr, Spec Ed.*, 1: 47–55.
- McSheffrey S.A., McHughen A., Devine M.D., 1992. Characterization of transgenic sulfonylurea-resistant flax (*Linum usitatissimum*). *Theor Appl. Genet.*, 84: 480–486.
- Nair S.S.D., Leitch J.W., Falconer J., Garg M.L., 1997. Prevention of cardiac arrhythmia by dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids and their mechanism of action. *J. Nutr.*, 127.
- Sultana C., 1983. The cultivation of fibre flax. *Outlook of Agric.*, 12: 104–110.

STATE AND LEVEL OF WEED INFESTATION IN ORGANIC AND CONVENTIONAL OIL FLAX

Summary

The results of research on state and level of weed infestation in organic and conventional oil flax growing are presented. Field trials were carried out in 2009–2010, in organic farms in the north-east region of Poland at podlaskie province. Furthermore, oil flax was grown by conventional methods in field trials carried out in podlaskie, wielkopolskie and dolnośląskie regions. Weed density (plant m⁻²) in organic farming was twice as high than in conventional plantations, furthermore, the quadrupled intensity of monocotyledonous weed occurrence compared to conventional cultivations was noted. In field trials carried out at organic farms the most numerous occurred: *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Galium aparine* L., *Trifolium arvense* L., *Polygonum aviculare* L., *Lamium amplexicaule* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Equisetum arvense* L. and *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. From the mentioned taxons the biggest problem was caused by *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. In conventional farming the most numerous were: *Chenopodium album* L., *Viola arvensis* Murr., *Stellaria media* Vill., *Lamium amplexicaule* L., *Thlaspi arvense* L., *Galium aparine* L., *Polygonum convolvulus* L., *Elymus repens* (L.) P.B., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. B.).

KEY WORDS: oil flax, organic farming, conventional farming, state and level of weed infestation

Anna Jezierska-Domaradzka¹, Krzysztof Domaradzki²

***SOLIDAGO CANADENSIS* L. JAKO POTENCJALNY GATUNEK
ENERGETYCZNY – ZAGROŻENIA DLA ŚRODOWISKA PRZY-
RODNICZEGO ORAZ OCENA NATURALNYCH ZASOBÓW
SUROWCA NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH ODŁOGOWA-
NYCH PÓL W POWIECIE WOŁOWSKIM NA DOLNYM ŚLĄSKU**

***SOLIDAGO CANADENSIS* L. AS A POTENTIAL ENERGY PLANT
– THE RISK TO THE ENVIRONMENT AND THE ESTIMATION
OF NATURAL RAW MATERIAL RESOURCES IN THE CHOSEN
FALLOW FIELDS IN WOŁÓW COUNTY (LOWER SILESIA)**

¹*Katedra i Zakład Biologii i Botaniki Farmaceutycznej, Akademia Medyczna we Wrocławiu
Chair and Department of Pharmaceutical Biology and Botany, University of Medicine
in Wrocław*

²*Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa PIB w Puławach
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu
Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research in Puławy
Department of Weed Science and Tillage Systems in Wrocław*

Praca przedstawia analizę zagrożeń wynikających z ekspansji *Solidago canadensis*, dla bioróżnorodności ekosystemów naturalnych i agrofitycenozy, w aspekcie rosnącego zainteresowania możliwością wykorzystania biomasy północnoamerykańskich gatunków nawłoci do celów energetycznych. Przeanalizowano również przepisy prawne dotyczące gatunków inwazyjnych oraz zasady postępowania z nimi. Podjęto próbę waloryzacji potencjalnych zasobów ziela nawłoci na odłogowanych polach w powiecie wołowskim. W badaniach do określenia ilościowości gatunku wykorzystano metodę Braun-Blanqueta. Ustalono następnie zależność pomiędzy poszczególnymi stopniami skali Braun-Blanqueta a masą surowca z jednostkowej powierzchni i na tej podstawie określono potencjalne zasoby ziela nawłoci jako surowca energetycznego.

SŁOWA KLUCZOWE: *Solidago canadensis*, nawłoc kanadyjska, gatunek inwazyjny, surowiec energetyczny, zagrożenia

Do cytowania – For citation: Jezierska-Domaradzka A., Domaradzki K., 2012. *Solidago canadensis* L. jako potencjalny gatunek energetyczny – zagrożenia dla środowiska przyrodniczego oraz ocena naturalnych zasobów surowca na przykładzie wybranych odłogowanych pól w powiecie wołowskim na Dolnym Śląsku. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 43–52.

WSTĘP

Solidago canadensis L. – nawłóć kanadyjska (ang. Canadian goldenrod, niem. Kanadische Goldrute) jest północnoamerykańskim kenofitem, który do Europy został sprowadzony w połowie XVII w. jako roślina ozdobna (Kowarik 2003). W ciągu kolejnych 100 lat, z ogrodu botanicznego w Londynie, gdzie po raz pierwszy introdukowano ten gatunek, rozprzestrzenił się on na Francję, Szwajcarię, Niemcy, Austrię, by w połowie XX w. opanować prawie cały kontynent od Hiszpanii po Europę Wschodnią i od północnych Włoch po południową Skandynawię (Weber 1998, Weber, Jakobs 2005). W Polsce gatunek ten pojawił się w 1872 r. (Tokarska-Guzik 2003) i w krótkim czasie zasiedlił cały obszar kraju, chociaż w południowo-zachodniej Polsce stanowisk *S. canadensis* jest mniej niż w części południowo-wschodniej i centralnej, ale w miejscach występowania tworzy rozległe, zwarte łany, zwłaszcza na siedliskach antropogenicznych (Szymura, Wolski 2006). Chociaż nawłóć kanadyjska preferuje siedliska wilgotne w dolinach rzecznych, lasach, zaroślach i na łąkach, to ze względu na dość szeroki zakres tolerancji wobec warunków siedliskowych masowo porasta wyłączone z uprawy rolniczej pola, występuje także na przydrożach, nasypach (Dajdok, Pawlaczyk 2009), a w ostatnich dekadach duże skupiska nawłoci obserwuje się na miedzach (Szymura, Wolski 2006). Jest gatunkiem charakterystycznym zespołu *Rudbeckio-Solidaginetum*, lecz najczęściej tworzy jednogatunkowe zbiorowiska agregacyjne (Matuszkiewicz 2005), skutecznie konkurując z rodzimymi gatunkami roślin.

S. canadensis ma w Polsce status gatunku inwazyjnego. W zasiedlanych ekosystemach po krótkim czasie staje się gatunkiem dominującym, wypierając rodzime składniki flory. Poza dużą tolerancją na warunki siedliskowe, intensywnym wzrostem, wytwarzaniem dużej ilości lekkich nasion, łatwością rozmnażania wegetatywnego, brakiem naturalnych wrogów w populacjach występujących poza naturalnym zasięgiem (Guzikowa, Maycock 1993) może zawdzięczać swój sukces w opanowywaniu nowych terenów mechanizmom allelopatycznym (Abhilasha i wsp. 2008, Yang et al. 2007, Sun i wsp. 2006).

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że drugim gatunkiem, który stanowi podobne zagrożenie dla ekosystemów naturalnych i również posiada status gatunku inwazyjnego, jest nawłóć późna – *Solidago gigantea* Aiton.

Nawłóć późna na ogół współwystępuje z populacjami *S. canadensis*, to jednak częściej jej stanowiska można spotkać na brzegach rzek, stawów, w wilgotnych lasach czy na łąkach niż na siedliskach antropogenicznych. W skali Dolnego Śląska jest nawet częściej występującym gatunkiem, jednak na odłogach to właśnie *S. canadensis* tworzy łanowe populacje zajmujące rozległe powierzchnie i wypierające inne gatunki roślin (Szymura, Wolski 2006). Sytuacja ta jest podobna również w powiecie wołowskim – na badanych odłogach mamy do czynienia głównie z łanami utworzonymi z *S. canadensis*. Z tego też powodu oceny zasobów surowca energetycznego dokonano tylko w odniesieniu do tego jednego gatunku. Nie oznacza to jednak, że na badanym obszarze *S. gigantea* nie stanowi problemu jako gatunek inwazyjny. Zagrożenia ze strony nawłoci późnej są podobne i tak samo duże jak nawłoci kanadyjskiej, podobne są również uwarunkowania prawne dotyczące obu roślin, dlatego w części pracy odnoszącej się do zagrożeń i przepisów prawnych, gatunki te potraktowano łącznie.

Celem pracy była, po pierwsze, analiza zagrożeń wynikających z ekspansji północnoamerykańskich gatunków nawłoci, dla bioróżnorodności ekosystemów naturalnych

i agrofitycenozy, w aspekcie rosnącego zainteresowania możliwością wykorzystania biomasy północnoamerykańskich gatunków nawłoci do celów energetycznych. Po przeprowadzeniu analizy tychże zagrożeń postawiono tezę, że spośród gruntów ornych jedynie odłogowane pola, w sposób spontaniczny opanowane przez nawłoc, mogą stanowić dopuszczalne źródło surowca energetycznego. Drugim celem badań było określenie potencjalnej zasobności w ziele *S. canadensis* wybranych odłogów w powiecie wołowskim.

MATERIAŁ I METODY

W celu przeprowadzenia analizy zagrożeń powodowanych przez *Solidago canadensis* dokonano przeglądu literatury z zakresu biologii i ekologii badanego gatunku oraz obowiązujących przepisów prawnych dotyczących obcych gatunków inwazyjnych.

Obserwacje występowania *S. canadensis* na odłogowanych polach powiatu wołowskiego prowadzono w latach 2006–2011.

Ustalenia ilościowego udziału nawłoci dokonano na wieloletnich odłogach o łącznej powierzchni 35 ha, w najsilniejszym stopniu opanowanych przez nawłoc. Badane powierzchnie zlokalizowane były na południe i wschód od Wołowa (rys. 1).



Źródło mapy: http://www.zpp.pl/index.php?path=main/danetel&level=3&woj_id=9&id=22

Rys. 1. Teren prowadzonych badań

Fig. 1. The area of investigations

Zależność pomiędzy poszczególnymi stopniami skali Braun-Blanqueta a masą świeżego i suchego ziela nawłoci ustalono, zbierając surowiec przed kwitnieniem w fazie pąków kwiatowych, z takich miejsc, w których nawłóć osiągała 3., 4. i 5. stopień ilościowości. Ziele ścinano z powierzchni 1 m², a następnie ważono w stanie świeżym i po wysuszeniu. Wykonano po 5 powtórzeń dla każdego ze stopni. Otrzymane zależności posłużyły do oszacowania zasobów powietrznie suchej masy ziela nawłoci z 1 ha powierzchni odłogu.

WYNIKI I OMÓWIENIE

Północnoamerykańskie gatunki nawłoci, w tym nawłóć kanadyjską, wprowadzono do ogrodów Europy ze względu na ich niewątpliwe walory dekoracyjne. Dodatkowym atutem tych roślin była z pewnością pora kwitnienia, przypadająca na czas, w którym większość rodzimych i uprawianych roślin przygotowuje się do zimowego spoczynku. Duże powierzchnie opianowane przez nawłocie są również źródłem pożytku pszczelego w okresie późnego lata i wczesnej jesieni. Stwierdzono (Strzałkowska 2005), że w warunkach doświadczalnych *S. canadensis* dostarcza prawie 90 t pyłku oraz 385 kg cukrów w nektarze z 1 ha uprawy, natomiast wydajność nawłoci rosnącej dziko jest o 70–80% mniejsza.

Nawłóć kanadyjska znajduje też zastosowanie jako roślina lecznicza o działaniu przeciwzapalnym, ściągającym, przeciwbakteryjnym, przeciwgrzybiczym, wykrztuśnym, hamującym krwawienia oraz przeciwgorączkowym. Surowiec zielarski stanowi najczęściej ziele (*Herba*), rzadziej kwiatostany (*Inflorescentia*) oraz kłącze (*Rhizoma*). Są one wykorzystywane w leczeniu infekcji układu moczowego, stanów zapalnych skóry, chronicznego kataru, grypy, kaszlu, reumatyzmu i zapalenia jelit (Plants for a Future). Swoje lecznicze właściwości roślina zawdzięcza obecności flawonoidów (głównie rutyny, kwercetyny, izokwercetyny, kempferolu), kwasu chlorogenowego, saponin i olejków eterycznych (Apáti i wsp. 2003, Lendl, Reznicek 2007, Jiang i wsp. 2006, Werner i wsp. 1980).

Pozytywne aspekty obecności nawłoci w europejskich ekosystemach na tym się właściwie kończą. Znacznie więcej jest natomiast zagrożeń, jakie niesie ze sobą ekspansja tego gatunku na coraz rozleglejsze obszary.

Szczególnie negatywne znaczenie ma wnikanie i szybka dominacja nawłoci w zbiorowiskach naturalnych i półnaturalnych, co jest związane z dużą amplitudą ekologiczną tego gatunku. Z łatwością zasiedla aluwia rzeczne, skraje lasów, polany i drogi leśne, tereny zurbanizowane, miedze i odłogi. W związku z tym spotykana jest ona między innymi w łągach i zaroślach wierzbowych w dolinach rzek, w zbiorowiskach synantropijnych z klasy *Artemisietea*, a ostatnio obserwuje się także zarastanie cennych przyrodniczo łąk z rzędu *Molinietalia* (Dajdok, Pawlaczyk 2009). Wśród nitrofilnych zbiorowisk okrajków występujących na brzegach rzek i dużych zbiorników wodnych rzędu *Convolvuletalia sepium* wytworzył się zespół, tworzony przez gatunki północnoamerykańskich neofitów, w którym *S. canadensis* jest gatunkiem charakterystycznym (Matuszkiewicz 2005). Prowadzi to do zubożenia bioróżnorodności nie tylko rodzimej szaty roślinnej, ale także i fauny, zwłaszcza zapylaczy, będących wąskimi specjalistami pokarmowymi. Moron

i wsp. (2009) wykazali, że na łąkach trzęślicowych opanowanych przez nawłocie spada siedmiokrotnie liczebność dzikich pszczół, a czterokrotnie – liczba ich gatunków w odniesieniu do łąk niezajętych przez nawłoc. Stwierdzono także negatywny wpływ inwazji nawłoci na liczebność i różnorodność motyli dziennych oraz bzygów, jak i rodzimych gatunków roślin (Moroń i wsp. 2009).

Obecność nawłoci prowadzi również do zmian w środowisku glebowym. Dochodzi do zmiany fizykochemicznych właściwości gleby, wynikających m.in. z akumulacji toksycznych allelopatyn (Abhilasha 2008) czy spadku koncentracji makro- i mikroelementów (Vanderhoeven i wsp. 2006).

Opisane zagrożenia są efektem posiadania przez *S. canadensis* cech sprzyjających inwazji. Zgodnie z Jackowiakiem (1999) oraz Falińskim (2004) są to następujące cechy:

- Wysoka płodność osobnika – pojedynczy pęd *S. canadensis* może wytworzyć od 1100 do ponad 19 000 niełupek, zaopatrzonych dodatkowo w aparat lotny.
- Nierównoczesne kiełkowanie nasion w sezonie i ich długa żywotność – okres wysypywania się niełupek nawłoci jest bardzo długi – zaczyna się on na przełomie października i listopada i trwa aż do czerwca następnego roku.
- Wczesne przystępowanie do reprodukcji, często w tym samym sezonie wegetacyjnym.
- Długowieczność klonów (do 100 lat).
- Znaczna alokacja biomasy (od 13 do 29%) w część podziemną.
- Odporność na skrajne warunki środowiskowe.
- Intensywny wzrost.
- Produkcja allelopatyn – stwierdzono, że za allelopatyczne właściwości *S. canadensis* jest odpowiedzialny głównie solidagenon (Werner i wsp. 1980).
- Tworzenie mieszańców z rodzimymi gatunkami. W Europie stwierdzono tworzenie się mieszańców pomiędzy *S. canadensis* a *S. virgaurea* L., natomiast w Ameryce Północnej powszechnie występują hybrydy pomiędzy tym gatunkiem, a *S. juncea* Ait., *S. rugosa* Ait., *S. sempervirens* L., *S. bicolor* L. i innymi przedstawicielami rodzaju *Solidago* (Werner i wsp. 1980).

S. canadensis ma w Europie i w Polsce status obcego gatunku inwazyjnego (invasive alien species – IAS) i wymieniana jest przez następujące bazy danych o roślinach obcych i inwazyjnych: Gatunki Obce w Polsce – utworzona w 1999 r. w Instytucie Ochrony Przyrody PAN w Krakowie, NOBANIS (European Network on Invasive Alien Species) – obejmująca dane o gatunkach obcych w Europie Środkowej i Północnej oraz DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) – baza danych o wszystkich gatunkach obcych w całej Europie.

Kwestie związane z gatunkami inwazyjnymi reguluje też prawo. Zawarte są one zarówno w dokumentach międzynarodowych ratyfikowanych przez Polskę, jak również w przepisach prawa polskiego. Są to:

- Konwencja Berneńska z 1979 r. o ochronie gatunków dzikiej flory i fauny europejskiej oraz ich siedlisk, która w art. 11 ust. 2 lit. b mówi, że:
„Każda z umawiających się stron podejmie się ściśle kontrolować introdukowanie gatunków obcych.”

W ramach Konwencji Berneńskiej przyjęto Europejską Strategię dotyczącą inwazyjnych gatunków obcych.

- Konwencja o różnorodności biologicznej z Rio de Janeiro z 1992 r. zawierająca w art. 8 lit. h zapis mówiący, że:

„Każda umawiająca się strona, w miarę możliwości i potrzeb, zapobiega wprowadzaniu, kontroluje lub tępi te obce gatunki, które zagrażają ekosystemom, siedliskom lub gatunkom.”

- Dyrektywa Siedliskowa 92/43/EWG z 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory i jej art. 22 pkt 2:

„Państwa członkowskie zapewniają, aby celowe wprowadzenie do stanu dzikiego dowolnego gatunku, który nie jest rodzimy na ich terytorium, było uregulowane w taki sposób, by nie zaszkodzić siedliskom przyrodniczym w obrębie ich naturalnego zasięgu lub dzikiej rodzimej faunie i florze oraz, jeśli uznają to za konieczne, wprowadzają zakaz takiego wprowadzenia”.

W prawie polskim funkcjonują zapisy Ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2004 Nr 92 poz. 880) zawarte w art. 120, jednak do dzisiaj brak jest rozporządzeń wykonawczych do tej ustawy.

Postępowanie z *S. canadensis* jako zadmowionym gatunkiem inwazyjnym regulują niedawno opracowane dokumenty, które zostały przyjęte przez Radę Europy zgodnie z Konwencją Berneńską:

- Kodeks postępowania w zakresie ogrodnictwa i inwazyjnych roślin obcych z 2008 r.
- Raport Komisji Stałej Konwencji Berneńskiej pt. „Inwazyjność upraw przeznaczonych na produkcję biopaliw i potencjalne szkody wyrządzane naturalnym siedliskom i gatunkom rodzimym” z roku 2009.

Na podstawie analizy tych dokumentów można więc zaproponować następujące działania mające na celu spowalnianie wzrostu liczebności nawłoci:

- Ograniczanie arealu zajmowanego przez nawłoc, co można osiągnąć dzięki regularnemu koszeniu i punktowemu niszczeniu roślin w początkowej fazie kolonizacji;
- Ograniczanie produkcji nasion i zdolności do kiełkowania poprzez mechaniczne usuwanie kwiatostanów, zbiory przed rozwojem nasion;
- Ograniczenie przypadkowego rozprzestrzeniania się nasion (czyszczenie maszyn rolniczych z nasion);
- Ograniczenie kontaktu pomiędzy nasionami i miejscami odpowiednimi do kiełkowania i przyjmowania sadzonek (porzucone grunty, naruszone obszary lub brzegi rzek);
- Unikanie stosowania inwazyjnych nawłoci w publicznych nasadzeniach na dużą skalę;
- Staranne usuwanie zbędnego materiału roślinnego lub odpadów zawierających ten materiał.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy zagrożeń powodowanych przez nawłoc oraz uregulowań prawnych, należy stwierdzić, że absolutnie niedopuszczalne są plany wprowadzenia uprawy *S. canadensis* jako rośliny energetycznej. Należy raczej postulować wykorzystanie w tym celu zasobów surowca dostępnego na zasiedlonych przez nawłoc w sposób spontaniczny stanowiskach. Jako że nawłoc kanadyjska łąkowo porasta wieloletnie odłogi, eksploatacja surowca przeprowadzona zgodnie z przedstawionymi powyżej zaleceniami może być szansą na stopniową eliminację tego gatunku ze środowiska przyrodniczego.

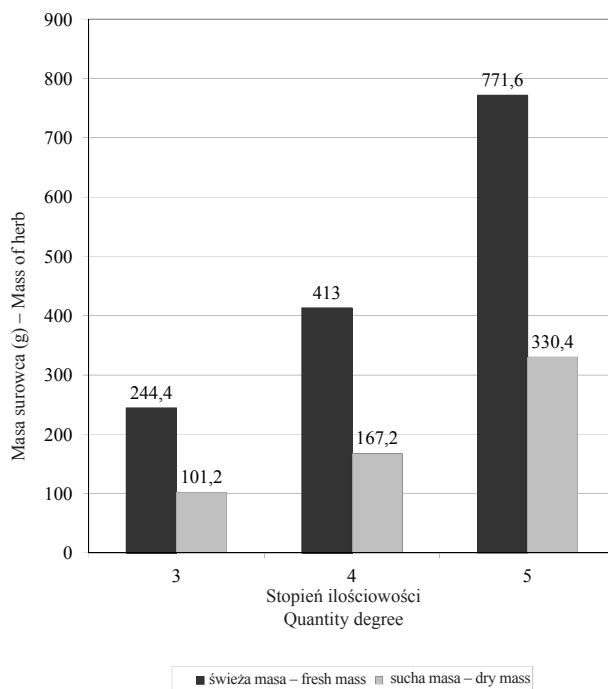
Obserwacje występowania *S. canadensis* na odłogowanych polach powiatu wołowskiego wykazały, że najwięcej odłogów porośniętych przez *S. canadensis* występuje w bezpośrednim sąsiedztwie doliny Odry, w południowej części powiatu. Na powierzchniach tych gatunek osiąga stopnie ilościowości od 3 do 5.

Ustalone zależności pomiędzy tymi stopniami ilościowości a masą ziela nawłoci zebranego przed kwitnieniem z 1 m² powierzchni odłogu przedstawia rysunek 2.

Wydajność powietrznie suchego surowca z 1 ha powierzchni odłogu porośniętego przez nawłóć wynosi odpowiednio: 1,01 t ha⁻¹ dla 3. stopnia ilościowości, 1,67 t ha⁻¹ dla 4. stopnia ilościowości oraz 3,30 t ha⁻¹ dla 5. stopnia ilościowości. Należy przy tym zaznaczyć, że w żadnym wypadku nie można pozostawiać na polu roślin owocujących, a więc czekać ze zbiorem surowca do czasu jego naturalnego wyschnięcia, a zbioru należy dokonywać przed rozpoczęciem kwitnienia. W rachunku ekonomicznym należy zatem wziąć pod uwagę również ewentualne koszty jego suszenia.

W trakcie prowadzonych badań, w latach 2006–2011, obserwowano także odłogowane pole położone w pobliżu miejscowości Wały nad Odrą. W pierwszym roku obserwacji *S. canadensis* występowała na tym polu łąkowo, osiągając 100% pokrycie. W następnym roku pole zostało zaorane i w ciągu dwóch kolejnych lat wysiewano na nim grykę, następnie w roku 2009 facelię, w 2010 łubin żółty, a w bieżącym roku – owies. W ciągu trzech pierwszych lat uprawiane pole było wolne od nawłoci. W 2009 r. w uprawie łubinu pojawiły się kwitnące egzemplarze nawłoci, a w obecnym roku, w uprawie owsa zaobserwowano, że w niektórych miejscach pola nawłóć osiągała 2. stopień ilościowości.

Wkraczanie nawłoci na pola uprawne zarejestrowano również w przypadku sąsiednich upraw kukurydzy. Obserwacje te są zaprzeczeniem pojawiających się poglądów, jakoby nawłóć nie stanowiła problemu jako chwast pól uprawnych (Rola, Rola 2010). Wnikanie nawłoci do zbiorowisk segetalnych odnotowali także Anioł-Kwiatkowska (2008), Chwastek (2008), a na terenie Szwajcarii – Bohren (2011).



Rys. 2. Zależności pomiędzy stopniami ilościowości według Braun-Blanqueta a masą ziela *S. canadensis*

Fig. 2. The relation between quantity degrees of Braun-Blanquet scale and the mass of *S. canadensis* herb

PODSUMOWANIE

Solidago canadensis, roślina inwazyjna, nie powinna być popularyzowana jako źródło surowca energetycznego w chwili, gdy w Europie i w Polsce stanowiące są przepisy prawa oraz tworzone są zasady postępowania i eliminowania ze środowiska przyrodniczego obcych gatunków inwazyjnych. Biomasa nawłoci można wykorzystać do pozyskania energii jedynie z miejsc jej spontanicznego występowania, w tym z odłogów, oraz potraktować jako pierwszy etap przywracania naturalnej bioróżnorodności siedlisk zajętych przez ten gatunek.

PIŚMIENNICTWO

- Abhilasha D., Quintana N., Vivanco J., Joshi J., 2008. Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* s.l. restrain the native European flora? *J. Ecology*, 96: 993–1001.
- Anioł-Kwiatkowska J., 2008. Segetal communities of Wrocław city. *Acta Botanica Silesiaca*, 3: 5–26.
- Apáti P., Kristó T.Z., Szöke E., Kéry A., Szentmihályi K., Vinkler P., 2003. Comprehensive evaluation of different *Solidaginis herba* extracts. *Acta Hort. (ISHS)*, 597: 69–73.
- BohrenCh., 2011. Exotic weed contamination in Swiss agriculture and the non-agriculture environment. *Agronomy for Sustainable Development*, 31 (2): 319–327.
- Chwastek E., 2008. Zbiorowiska segetalne Pogórza Cieszyńskiego. Praca doktorska. Uniwersytet Śląski, Katowice.
- Crosti R., 2009. Invasiveness of biofuel crops and potential harm to natural habitats and native species. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*. Strasbourg.
- Dajdok Z., Pawlaczyk P., 2009. Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów mokradłowych Polski. *Wyd. Klubu Przyrodników*: 80–86.
- Faliński J.B., 2004. Inwazje w świecie roślin: mechanizmy, zagrożenia, projekt badań. *Phytocoenosis*, Vol. 16 (N.S.), *Seminarium Geobotanicum*, 10: 1–31.
- Guzikowa M., Maycock P.F., 1993. Comparative investigation of biology and ecology of some northamerican expansive goldenrogs (*Solidago sp.*). *Wiad. Bot.*, 37 (3/4): 221–223.
- Heywood V., Brunel S., 2008. Code of conduct on horticulture and invasive alien plants. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*. Strasbourg.
- Jackowiak B., 1999. Modele ekspansji roślin synantropijnych i transgenicznych. *Phytocoenosis*, Vol. 11 (N.S.), *Seminarium Geobotanicum*, 6: 1–16.
- Jiang T., Huang B., Qin L., 2006. A survey of chemical and pharmacological studies on *Solidago*. *Journal of Chinese Integrative Medicine*, 4(4): 430–435.
- Kowarik I., 2003. *Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa*. Ulmer, Stuttgart.
- Lendl A., Reznicek G., 2007. Two new saponins from *Solidago gigantea*. *Sci. Pharm.*, 75: 111–120.
- Matuszkiewicz W., 2005. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*, PWN, Warszawa.
- Moroń D., Lenda M., Skórka P., Szentgyörgyi H., Settele J., Wojciechowski M., 2009. Wild pollinator communities are negatively affected by invasion of alien goldenrods in grassland landscapes. *Biological Conservation*, 142: 1322–1332.
- Plant for a Future. *Solidago canadensis*. <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Solidago+canadensis> (accessed 30 October 2011).

- Rola J., Rola H., 2010 *Solidago sp.* biowskaźnikiem występowania odłogów na gruntach rolnych. *Fragm. Agron.*, 27(3): 122–131.
- Strzałkowska M. 2005., Nawłóć – cenna roślina pożytkowa. *Materiały XLII Naukowej Konferencji Pszczelarskiej*. Puławy, 116–117.
- Sun B.J., Tan J.Z., Wan Z.G., Gu F.G., Zhu M.D., 2006. Allelopathic effects of extracts from *Solidago canadensis* L. against seed germination and seedling growth of some plants. *Journ. of Environmental Sciences*, 18 (2): 304–309.
- Szymura M., Wolski K., 2006. Zmiany krajobrazu pod wpływem ekspansywnych bylin północnoamerykańskich z rodzaju *Solidago* L. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, XVI: 451–460.
- Tokarska-Guzik B., 2003. The expansion of some alien plant species (neophytes) in Poland, [in:] Child L.E., Brock J.H., Brundu G., Prach K., Pysek P., Wade P.M. and Williamson M. (eds.): *Plant invasions: Ecological treats and management solutions*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands: 147–167.
- Vanderhoeven S., Dassonville N., Chapuis-Lardy L., Hayez M., Meerts P., 2006. Impact of the invasive alien plant *Solidago gigantea* on primary productivity, plant nutrient content and soil mineral nutrient concentrations. *Plant Soil*, 286: 259–268.
- Weber E., 1998. The dynamic of plant invasion: a case of three exotic goldenrod species (*Solidago* L.) in Europe. *Journal of Biogeography*, 25: 147–154.
- Weber E., Jakobs G., 2005. Biological flora of Central Europe: *Solidago gigantea* Aiton. *Flora*, 200: 109–118.
- Werner P.A., Bradbury I.K., Gross R.S., 1980. The biology of Canadian weeds. *Solidago canadensis* L. *Can J. Plant. Sci.*, 60: 1393–1409.
- Yang R.Y., Mei L.X., Tang J.J., Chen X., 2007. Allelopathic effects of invasive *Solidago canadensis* L. on germination and growth of native Chinese plant species. *Allelopathy Journal*, 19(1): 241–248.

**SOLIDAGO CANADENSIS L. AS A POTENTIAL ENERGY PLANT
– THE RISK TO THE ENVIRONMENT AND THE ESTIMATION
OF NATURAL RAW MATERIAL RESOURCES IN THE CHOSEN FALLOW
FIELDS IN WOŁÓW COUNTY (LOWER SILESIA)**

S u m m a r y

The paper presents the analyze a risk of *Solidago canadensis* L. expansion to biodiversity of natural ecosystems and agrophytocenosis in aspect of interest of its biomass usage to energy produce. Also the legal provisions concerning invasive species and principles of proceedings with its were analyzed. Apart from that the attempt of *Solidago* herb resources valorisation in the fallow lands in Wołów County was took on. In the research for define of *Solidago* amount the Braun-Blanquet method was used. Afterwards the dependence between each degree of Braun-Blanquet scale and fresh mass of herb was determined. On this base the potential resources of *Solidago* herb were defined.

KEY WORDS: *Solidago canadensis* L., Canadian goldenrod, invasive species, energy raw material, threats

Sylvia Kaczmarek¹, Kinga Matysiak¹, Przemysław Kardasz²

OCENA POTENCJAŁU ALLELOPATYCZNEGO *SOLIDAGO VIRGAUREA* L. W ODNIESIENIU DO WYBRANYCH GATUNKÓW ROŚLIN UPRAWNYCH
ASSESSMENT OF ALLELOPATHIC POTENTIAL OF *SOLIDAGO VIRGAUREA* L. ON SOME SELECTED CROPS

¹Zakład Herbologii i Techniki Ochrony Roślin, Instytut Ochrony Roślin

– Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

Weed Science and Plant Protection Techniques Department, Institute of Plant Protection

– National Research Institute in Poznań

²Polowa Stacja Doświadczalna w Winnej Górze, Instytut Ochrony Roślin

– Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

Field Experimental Station at Winna Góra, Institute of Plant Protection

– National Research Institute in Poznań

W prezentowanej pracy podjęto badania związane z oceną potencjału allelopatycznego *Solidago virgaurea* w odniesieniu do wybranych gatunków roślin uprawnych (*Fagopyrum esculentum*, *Zea mays*, *Sorghum vulgare*, *Hordeum vulgare* oraz *Secale cereale*). Badania laboratoryjne wykonano w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym, wykorzystując do tego celu test kiełkowania i wczesnego wzrostu PHYTOTOKKITTM. W doświadczeniach analizowano wpływ czterech stężeń wyciągów wodnych z *Solidago virgaurea*: 0 g liści/10 ml wody destylowanej, 0,5 g liści/10 ml wd., 1 g liści/10 ml wd. oraz 2 g liści/10 ml wd. Najsilniej na kiełkowanie orzeszków i masę korzeni *F. esculentum* wpływały stężenia 1:10 oraz 2:10, jednak również najniższe oceniane stężenie redukowało istotnie procent skielkowanych orzeszków oraz masę korzeni. Każde stężenie wyciągów z *S. virgaurea* redukowało masę korzeni *Z. mays*, a także *S. vulgare*. *H. vulgare* oraz *S. cereale* na stosowane stężenia reagowały zmniejszeniem energii i zdolności kiełkowania, jak również redukcją masy korzeni.

SŁOWA KLUCZOWE: allelopatia, *Fagopyrum esculentum*, *Zea mays*, *Sorghum vulgare*, *Hordeum vulgare*, *Secale cereale*, *Solidago virgaurea*

Do cytowania – For citation: Kaczmarek S., Matysiak K., Kardasz P., 2012. Ocena potencjału allelopatycznego *Solidago virgaurea* L. w odniesieniu do wybranych gatunków roślin uprawnych. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 53–62.

WSTĘP

Rodzaj *Solidago* należy do rodziny *Asteraceae* i liczy około 100 gatunków pochodzących głównie z Ameryki Północnej. W Polsce reprezentowany jest przez 5 gatunków, spośród których do rodzimych zaliczają się tylko dwa taksony: *Solidago virgaurea* oraz *Solidago alpina* (Kaćki, Szczeńsiak 2009). Rodzaj *Solidago* zaliczany jest do roślin o anemochorycznym mechanizmie rozprzestrzeniania, a ich nasiona łatwo kiełkują w szerokim zakresie typów gleb (Weber 2001), może rozmnażać się wegetatywnie, co z kolei sprzyja intensywnej ekspansji na określonym obszarze (Grime 2001, Long i wsp. 2003).

Do najbardziej ekspansywnych gatunków omawianego rodzaju zalicza się *Solidago gigantea* oraz *Solidago canadensis*. Pomimo tego że nie są zaliczane do gatunków rodzimych, osiągnęły status gatunków inwazyjnych, a alternatywnym wyjaśnieniem rozprzestrzeniania się gatunków inwazyjnych w zbiorowiskach chwastów jest uwalnianie nowych, nie stwierdzonych dotychczas związków chemicznych (allelozwiązków), które oddziałują fitotoksycznie lub przynajmniej zmniejszają kondycję roślin sąsiadujących (Callaway, Aschehoug 2000, Callaway, Ridenour 2004, Schenk 2006).

Z licznych doniesień wynika, że gatunek z rodzaju *Solidago* (*Soildago canadensis*) wywiera bardzo silny wpływ na inne gatunki roślin czy też na inne patogeny pochodzenia glebowego (Yang i wsp. 2007, Zhang i wsp. 2007). Podaje się, że gatunek ten zawiera wiele allelozwiązków, przede wszystkim poliacetyleny (Lu i wsp. 1993), diterpenoidy (Lu i wsp. 1995, Tori i wsp. 1999), saponiny (Inose i wsp. 1991), fenole (Choi i wsp. 2004), olejki eteryczne (Vila i wsp. 2002).

Oddziaływania o charakterze allelopatycznym mogą wywoływać zarówno efekt inhibicyjny, jak i stymulacyjny, jednakże najszerszej opisanym oddziaływaniem w literaturze jest występowanie inhibicji (Wójcik-Wojtkowiak i wsp. 1998). Inhibicyjny wpływ allelopatii jest często skutkiem łącznego oddziaływania grup allelozwiązków, których obecność uzależniona jest od licznych procesów fizjologicznych (Blum 1996) a ich aktywność uwarunkowana wpływem, jaki wywiera na nie otaczające środowisko (Einhellig 1996).

Celem prezentowanych badań była ocena potencjału allelopatycznego gatunku pospolicie występującego w Polsce – *Solidago virgaurea* w odniesieniu do wybranych roślin uprawnych.

MATERIAŁ I METODY

Do określenia allelopatycznego potencjału wyciągów wodnych z *Solidago virgaurea* wykorzystano test kiełkowania i wczesnego wzrostu PHYTOTOKIT™, który opiera się na pomiarze wzrostu młodych korzeni po kilku dniach ekspozycji. Charakteryzuje się on krótkim czasem niezbędnym do przygotowania badanych obiektów oraz możliwością szybkiego odczytu uzyskanych wyników. Do sporządzenia wodnych wyciągów wykorzystano świeże liście gatunku *Solidago virgaurea* (donor) w fazie 16–18 BBCH, którego siedliskiem były zarośla na terenie Poznania. W miesiącu pobierania prób (maj 2011) średnia dobową temperatura powietrza wynosiła 12,7°C a suma opadów 20,3 mm.

Określoną masę liści zalano wodą destylowaną, pozostawiając następnie na okres 24 godzin. Po upływie wskazanego czasu wyciągi przesączono i przygotowano do aplikacji.

W doświadczeniach analizowano wpływ czterech stężeń wyciągów wodnych z *Solidago virgaurea*: 0 g liści/ 10 ml wody destylowanej, 0,5 g liści/10 ml wd., 1 g liści/10 ml wd. oraz 2 g liści/10 ml wd. Jako rośliny testowe (akceptory) wykorzystano następujące gatunki roślin uprawnych: *Fagopyrum esculentum*, *Zea mays*, *Sorghum vulgare*, *Hordeum vulgare* oraz *Secale cereale*. W teście zastosowano płytki wypełnione piaskiem kwarcowym o granulacji 0,2–0,8 mm oraz papierowe filtry, na których ułożono nasiona ocenianych gatunków roślin uprawnych (10 sztuk). Przed przystąpieniem do testu odmierzono odpowiednią ilość piasku potrzebną do wypełnienia płytek (90 ml) oraz określono objętość wody destylowanej wymaganej do nasączenia podłoża z piasku (30 ml). Płytki inkubowano pionowo w temperaturze 25°C, po 4 dniach określono energię kiełkowania, po kolejnych 4 dniach zdolność kiełkowania, liczbę korzeni oraz masę korzeni poszczególnych gatunków roślin uprawnych. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji na poziomie istotności różnic $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I OMÓWIENIE

Rośliny testowe wykorzystane w badaniach jako akceptory (*Fagopyrum esculentum*, *Zea mays*, *Sorghum vulgare*, *Hordeum vulgare*, *Secale cereale*) zaliczane są do roślin charakteryzujących się właściwościami allelopatycznymi (Ahmad i wsp. 2000, Al-Iawaha, Odat 2010, Anwar i wsp. 2003, Ben-Hammouda i wsp. 2001, Cheema, Khalig 2000, Golisz i wsp. 2007, Guenzi, McCalla 1966, Iqbal i wsp. 2003, Kalinová i wsp. 2005, Putnam i wsp. 1983, Tsuzuki, Dong 2003), jednakże same również poddawane są wpływom allelozwiązków w efekcie oddziaływania innych roślin (Ciesielska, Borkowska 2010, Jabeen, Ahmed 2009, Khalid i wsp. 2002, Khan i wsp. 2007, Kwiecińska-Poppe i wsp. 2011, Kraska, Kwiecińska-Poppe 2007).

Inhibycyjny wpływ gatunku z rodzaju *Solidago* (*Solidago canadensis*) na inne rośliny obserwowali w swoich doświadczeniach Yang i wsp. (2007). Autorzy do badań wykorzystali następujące rośliny testowe: *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Medicago lupulina*, *Lolium perenne*, *Suaeda glauca*, *Plantago virginica*, *Kummerowia stipulacea*, *Festuca arundinacea*, *Ageratum conyzoides*, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus spinosus*. Inne doniesienia wskazują na właściwości allelopatyczne *Solidago canadensis* w odniesieniu do *Morus alba*, *Pharbitis nil*, *Brassica campestris* (Sun i wsp. 2006), *Triticum L.* (Shen i wsp. 2008) i *Phragmites australis* (Li i wsp. 2011). Ponadto Shen i wsp. (2008) wykazali, że allelopatyczny potencjał *Solidago canadensis* wzrastał wraz z redukcją nawożenia azotowego.

W badaniach własnych każde z zastosowanych stężeń wyciągów wodnych z *S. virgaurea* (0,5:10, 1:10, 2:10) wpłynęło na zmniejszenie energii oraz zdolności kiełkowania *F. esculentum* (tab. 1). Inhibycyjny efekt wyciągów stwierdzono już przy najniższym stężeniu – 0,5:10. W efekcie stosowanych wyciągów 1:10 oraz 2:10 odnotowano redukcję korzeni na poziomie odpowiednio 73,47 oraz 71,43% (tab. 1). Natomiast w obiektach, w których zastosowano stężenie 0,5:10, masa korzeni gryki była większa w porównaniu z kontrolą o 40,82%. Statystycznie różnice zostały udowodnione jedynie między obiektem 05:10 a obiektami 1:10 i 2:10. Wzrost stężenia z 1:10 na 2:10 nie wpłynął istotnie na zmniejszenie energii i zdolności kiełkowania oraz masy korzeni gryki zwyczajnej.

Tabela 1
Table 1

Wpływ zastosowanych wyciągów wodnych na kiełkowanie, liczbę korzeni oraz masę korzeni
Fagopyrum esculentum
 Effect of water extracts on germination, roots number and roots fresh weight
 of *Fagopyrum esculentum*

Stężenie wyciągu Extract concentration	Energia kiełkowania (%) Germination energy	Zdolność kiełkowania (%) Germination capacity	Liczba korzeni (szt.) Roots no. (pieces)	Masa korzeni (g) Roots fresh weight
0:0	87,5	87,5	9	0,06
0,5:10	81,3	82,5	8	0,08
1:10	77,5	78,8	8	0,02
2:10	77,5	78,8	8	0,02
NIR – (0,05) LSD	3,43	3,43	n.i.	0,037

Również ziarniaki gatunku *Z. mays* nie były obojętne na zastosowane wyciągi (tab. 2). Energia kiełkowania ziarniaków obniżyła się istotnie jedynie po zastosowaniu stężenia 0,5:10, natomiast stężenia wyższe powodowały nieznaczne zwiększenie energii kiełkowania. Stymulacyjny efekt stężeń wyciągów z *S. virgaurea* obserwowano w stosunku do zdolności kiełkowania (potwierdzonej statystycznie jedynie dla stężenia 2:10) oraz liczby korzeni (istotny wzrost liczby tylko dla stężenie 1:10). Pomimo obserwowanego w pewnych przypadkach stymulacyjnego oddziaływania wyciągów masa korzeni *Z. mays* została istotnie zredukowana w każdym z ocenianych obiektów w porównaniu z obiektem kontrolnym. Redukcja masy korzeni zwiększała się wraz ze wzrostem stężenia wyciągu i kształtowała się na poziomie od 35,85 do 70,04%.

Tabela 2
Table 2

Wpływ zastosowanych wyciągów wodnych na kiełkowanie, liczbę korzeni oraz masę korzeni
Zea mays
 Effect of water extracts on germination, roots number and roots fresh weight of *Zea mays*

Stężenie wyciągu Extract concentration	Energia kiełkowania (%) Germination energy	Zdolność kiełkowania (%) Germination capacity	Liczba korzeni (szt.) Roots no. (pieces)	Masa korzeni (g) Roots fresh weight
0:0	86,3	93,8	40	1,89
0,5:10	73,8	96,3	42	1,21
1:10	87,5	95,8	45	1,12
2:10	87,5	97,5	38	0,57
NIR – (0,05) LSD	6,98	3,22	3,64	0,109

W przypadku *S. vulgare* obserwowano tendencje do zmniejszenia energii i zdolności kiełkowania nasion w obiektach, w których zastosowano stężenia 0,5:10 oraz 2:10, natomiast stężenie 1:10 wpłynęło istotnie na wzrost energii kiełkowania nasion sorga (tab. 3). Zastosowane w doświadczeniu stężenia nie wpływały na liczbę korzeni. Analizując masę korzeni, można stwierdzić, że istotnie masę redukowały stężenia 1:10 i 2:10 (o odpowiednio 32,02 i 64,04%), a im wyższe stężenie, tym większą redukcję masy obserwowano (tab. 3).

H. vulgare reagował w sposób istotny na każde z badanych stężeń (tab. 4). W efekcie zastosowanych wyciągów w badanych stężeniach energia oraz zdolność kiełkowania ziarniaków jęczmienia, jak również masa korzeni zmniejszały się istotnie wraz ze wzrostem stężenia wyciągów z *S. virgaurea* w porównaniu z obiektami kontrolnymi (najwyższe stężenie powodowało redukcję masy korzeni aż o 83,37%). Natomiast wpływ wyciągów na liczbę korzeni jęczmienia wykazano jedynie w przypadku aplikacji stężenia 0,5:10.

Tabela 3

Table 3

Wpływ zastosowanych wyciągów wodnych na kiełkowanie, liczbę korzeni oraz masę korzeni
Sorghum vulgare

Effect of water extracts on germination, roots number and roots fresh weight of *Sorghum vulgare*

Stężenie wyciągu Extract concentration	Energia kiełkowania (%) Germination energy	Zdolność kiełkowania (%) Germination capacity	Liczba korzeni (szt.) Roots no. (pieces)	Masa korzeni (g) Roots fresh weight
0:0	91,3	95,0	10	0,22
0,5:10	90,0	92,5	9	0,22
1:10	96,3	96,3	10	0,15
2:10	90,0	93,8	9	0,08
NIR – (0,05) LSD	3,94	3,46	n.i.	0,052

Tabela 4

Table 4

Wpływ zastosowanych wyciągów wodnych na kiełkowanie, liczbę korzeni oraz masę korzeni
Hordeum vulgare

Effect of water extracts on germination, roots number and roots fresh weight of *Hordeum vulgare*

Stężenie wyciągu Extract concentration	Energia kiełkowania (%) Germination energy	Zdolność kiełkowania (%) Germination capacity	Liczba korzeni (szt.) Roots no. (pieces)	Masa korzeni (g) Roots fresh weight
0:0	92,5	94,5	50	0,62
0,5:10	86,3	88,8	46	0,25
1:10	87,5	87,5	48	0,57
2:10	85,0	90,0	50	0,10
NIR – (0,05) LSD	3,46	3,48	3,44	0,034

Istotne zmniejszenie energii oraz zdolności kiełkowania ziarniaków stwierdzono także w przypadku *S. cereale*, jednak tylko w przypadku dwóch stężeń (0,5:10 i 2:10) miało to wpływ na istotną redukcję masy korzeni ziarniaków *S. cereale* (tab. 5). W odniesieniu do stężeń 0,5:10 oraz 2:10 odnotowano zmniejszenie masy korzeni na poziomie odpowiednio 56,25% i 62,50%. Ponadto badane stężenia wyciągów z *S. virgaurea* 0,5:10 i 1:10 redukowały istotnie liczbę korzeni ziarniaków *S. cereale*.

Tabela 5

Table 5

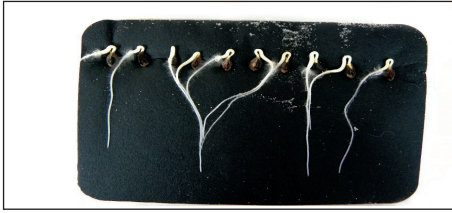
Wpływ zastosowanych wyciągów wodnych na kiełkowanie, liczbę korzeni oraz masę korzeni
Secale cereale

Effect of water extracts on germination, roots number and roots fresh weight of *Secale cereale*

Stężenie wyciągu Extract concentration	Energia kiełkowania (%) Germination energy	Zdolność kiełkowania (%) Germination capacity	Liczba korzeni (szt.) Roots no. (pieces)	Masa korzeni (g) Roots fresh weight
0:0	81,3	90,0	30	0,16
0,5:10	70,0	73,8	21	0,07
1:10	73,7	79,7	22	0,14
2:10	70,0	73,0	33	0,06
NIR – (0,05) LSD	3,48	3,96	3,43	0,034

Na podstawie doniesień z literatury można zauważyć, że często wraz ze wzrostem stężenia wyciągu następuje zwiększenie inhibycyjnego wpływu na badane cechy, jednakże nie w każdym przypadku takie tendencje są obserwowane (Ciesielska, Borkowska 2010, Kwiecińska-Poppe i wsp. 2011, Kraska, Kwiecińska-Poppe 2007, Marian i wsp. 2011). W badaniach własnych wzrost stężenia niekoniecznie powodował nasilenie efektu inhibicji względem analizowanych cech. Taką sytuację obserwowano w przypadku energii i zdolności kiełkowania *Z. mays*, *S. cereale*, *H. vulgare*, *S. vulgare*, jak również w odniesieniu do masy korzeni *S. cereale*, *H. vulgare*. Natomiast każdy kolejny wzrost stężenia wyciągów z *S. virgaurea* zwiększał redukcję masy korzeni *Z. mays*, *F. esculentum* oraz *S. vulgare*.

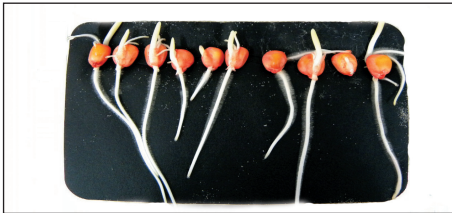
W celu zobrazowania wpływu zastosowanych wyciągów z *S. virgaurea* na ziarniaki badanych gatunków roślin uprawnych w przedstawionej pracy zamieszczono zdjęcia (fot. 1–10) obiektów kontrolnych (stężenie 0:0) oraz obiektów, w których stosowano wyciągi o stężeniu 2:10.



Fot. 1 – Phot. 1. *Fagopyrum esculentum*
kontrola (0:0) – control (0:0)



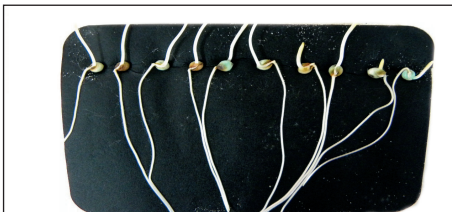
Fot. 2 – Phot. 2. *Fagopyrum esculentum*
stężenie 2:10 – concentration 2:10



Fot. 3 – Phot. 3. *Zea mays*
kontrola (0:0) – control (0:0)



Fot. 4 – Phot. 4. *Zea mays*
stężenie 2:10 – concentration 2:10



Fot. 5 – Phot. 5. *Sorghum vulgare*
kontrola (0:0) – control (0:0)



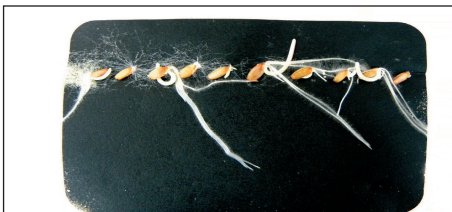
Fot. 6 – Phot. 6. *Sorghum vulgare*
stężenie 2:10 – concentration 2:10



Fot. 7 – Phot. 7. *Hordeum vulgare*
kontrola (0:0) – control (0:0)



Fot. 8 – Phot. 8. *Hordeum vulgare*
stężenie 2:10 – concentration 2:10



Fot. 9 – Phot. 9. *Secale cereal*
kontrola (0:0) – control (0:0)



Fot. 10 – Phot. 10. *Secale cereal*
stężenie 2:10 – concentration 2:10

WNIOSKI

1. Najsilniej na kiełkowanie orzeszków oraz masę korzeni *F. esculentum* wpływały stężenia z *S. virgaurea* 1:10 oraz 2:10, jednak również najniższe oceniane stężenie redukowało istotnie procent skielkowanych orzeszków oraz masę korzeni.

2. Pomimo zwiększonej zdolności kiełkowania ziarniaków każde stężenie wyciągów z *S. virgaurea* redukowało masę korzeni *Z. mays*.

3. Zastosowane stężenia istotnie redukowały masę korzeni *S. vulgare*, a każdy wzrost stężenia powodował nasilenie inhibicyjnego wpływu *S. virgaurea*.

4. *H. vulgare* oraz *S. cereale* na stosowane stężenia z *S. virgaurea* reagowały zmniejszeniem energii i zdolności kiełkowania, jak również masy korzeni, a najsilniejszy efekt obserwowano po zastosowaniu stężenia 2:10.

5. Najsilniej na zmniejszenie energii kiełkowania miało wpływ stężenie z *S. virgaurea* 0,5:10 w odniesieniu do *S. cereale*, zdolności kiełkowania – stężenie 2:10 w stosunku do *S. cereale*, natomiast największą redukcję masy korzeni obserwowano w następstwie stosowania stężenia 2:10 na ziarniaki *H. vulgare*.

PIŚMIENNICTWO

- Ahmad A., Cheema Z.A., Ahmad R., 2000. Evaluation of sorgaab as natural weed inhibitor in maize. *J. Animal Plant Sci.*, 10 (4): 141–146.
- Al-Tawaha A.R.M., Odat N., 2010. Use of sorghum and maize allelopathic properties to inhibit germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 38 (3): 124–127.
- Anwar S., Shah W.A., Shafi M., Bakht J., Khan M.A., 2003. Efficiency of Sorgaaab (Sorghum water extract) and herbicide for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) crop. *Pak. J. Weed Sci. Res.*, 9: 161–170.
- Ben-Hammouda M., Ghorbal H., Kremer R.J., Oueslati O., 2001. Allelopathic effects of barley extracts on germination and seedlings growth of bread and durum wheats. *Agronomie*, 21: 65–71.
- Blum U., 1996. Allelopathic interactions involving phenolic acids. *J. Nematod.*, 28: 129–132.
- Callaway R.M., Aschehoug E.T., 2000. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. *Science*, 290: 521–523.
- Callaway R.M., Ridenour W.M., 2004. Novel weapons: a biochemically based hypothesis for invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 436–433.
- Cheema Z.A., Khalig A., 2000. Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in semi-arid region of Punjab. *Agric., Ecosyst. Environ.*, 79: 105–112.
- Ciesielska A., Borkowska M., 2010. The effect of aqueous extracts of Ground seeds of *Agrostemma githago* on the germination of Winter wheat and barley. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 55 (3): 40–43.
- Einhellig F.A., 1996. Interaction involving allelopathy in cropping systems. *Agron. J.*, 88 (6): 886–893.

- Golisz A., Lata B., Gawroński W., Fuji Y., 2007. Specific and total activities of the allelochemicals identified in buckwheat. *Weed Biol. Manag.*, 7: 164–171.
- Grime J.P., 2001. Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. 2nd edition John Wiley&Sons Ltd, Chichester, West Sussex, England.
- Guenzi W.D., McCalla T.M., 1966. Phenolic acids in oat, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity. *Agronomy J.*, 58 (3): 303–304.
- Inose Y., Mijyase T., Ueno A., 1991. Studies on the constituents of *Solidago virgaurea* L. III. Structures of *Solidago* saponins in the herb. *Chem. Pharm. Bull.*, 39 (8): 2037–2042.
- Iqbal Z., Hiradate S., Noda A., Isojima S., Fuji Y., 2003. Allelopathic activity of buckwheat: isolation and characterization of phenolics. *Weed Sci.*, 51: 657–662.
- Jaben N., Ahmed M., 2009. Possible allelopathic effects of three different weeds on germination and growth of maize (*Zea mays*) cultivars. *Pak., J. Bot.*, 41 (4): 1677–1683.
- Kalinová, J., Tríska J., Vrchotová N., 2005. Biological activity of phenolic compounds present in buckwheat plant. *Allelopathy J.*, 16: 123–130.
- Kącki Z., Szczeńniak E., 2009. Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów mokradłowych Polski. Wyd. Klubu Przyrod. Świebodzin.
- Khalid S., Ahmad T., Shad R.A., 2002. Use of allelopathy in Agriculture. *Asian J. Plant Sci.*, 1 (3): 292–297.
- Khan M. A., Hussain I., Khan E.A., 2007. Effect of aqueous extract of *Eucalyptus camaldulensis* L. on germination and growth of maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Weed Sci. Res.*, 13 (3–4): 177–182.
- Kraska P., Kwiecińska-Poppe E., 2007. Wpływ wodnych wyciągów z *Apera spica-venti* na energię i zdolność kiełkowania *Secale cereale* i *Triticosecale*. *Annales U.M.C.S., LXII* (2), sectio E: 127–136.
- Kwiecińska-Poppe E., Kraska P., Pałys E., 2011. The influence of water extracts from *Galium aparine* L. and *Matricaria maritime* subsp. *inodora* (L.) Dostál on germination of winter rye and triticale. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 10 (2): 75–85.
- Li Y.Z., Fan J.W., Yin X., Yang E.Y., Wei W., Tian Z.H., Da L.J., 2011. Allelopathic interactions between invasive plant *Solidago canadensis* and native plant *Phragmites australis*. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao Journal*, 22 (5): 1373–1380.
- Long Z.T., Mohler C.L., Carson W.P., 2003. Extending the resource concentration hypothesis to plant communities: effects of litter and herbivores. *Ecology*, 84: 652–665.
- Lu T., Menelaou M.A., Vargas D., Fronczek F.R., Fisher N.H., 1993. Polyacetylenes and diterpenes from *Solidago canadensis*. *Phytochemistry*, 32 (6): 1483–1488.
- Lu T., Vargas D., Franzblau S., Fischer N.H., 1995. Diterpenes from *Solidago rugosa*. *Phytochemistry*, 38 (2): 451–456.
- Marian M., Peter A., Mihalescu L., Vosgan Z., Matei G., 2011. Allelopathic potential of *Asarum europaeum* toward *Lycopersicon esculentum*. *Annale Universității Din Oradea – Fasciula Biologie*, XVIII (1): 39–44.
- Putnam A.R., DeFrank J., Barnes J.P., 1983. Exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems. *J. Chem. Ecol.*, 9 (8): 1001–1010.
- Schenk H.J., 2006. Root competition: beyond resource depletion. *Journal of Ecology*, 94: 725–739.
- Shen L.H., Guo Q.X., Xiong J., Li G.Q., Lin W.X., 2008. *Solidago canadensis* L. allelopathy and resource competitiveness under different nitrogen supply. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 16: 900–904.

- Sun B.Y., Tan J.Z., Wan Z.G., Gu F.G., Zhu M.D., 2006. Allelopathic effects of extracts from *Solidago canadensis* L. against seed germination and seedling growth of some plants. *Journal of Environmental Sciences*, 18 (2): 304–309.
- Tori M., Katto A., Sono M., 1999. Nine new clerodane diterpenoids from rhizomes of *Solidago altissima*. *Phytochemistry*, 52 (3): 487–493.
- Tsuzuki E., Dong Y., 2003. Buckwheat allelopathy: use in weed management. *Allelopathy J.*, 12: 1–12.
- Vila R., Mundina M., Tomi F., Furlan R., Zacchino S., Casanova J., Canigual S., 2002. Composition and antifungal activity of the essential oil of *Solidago chilens*. *Planta Med.*, 68 (2): 164–167.
- Weber E., 2001. Current and potential ranges of Tyree exotic goldenrods (*Solidago*) in Europe. *Conser. Biol.*, 15: 122–128.
- Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Weyman-Kaczmarska W., 1998. *Allelopatia*. Wyd. AR Poznań.
- Yang R.Y., Mei L.X., Tang J.J., Chen X., 2007. Allelopathic effects of invasive *Solidago canadensis* L. on germination and root growth of native Chinese plants. *Allelopathy J.*, 19: 241–248.
- Xuan T.D., Tsuzuki E., 2004. Allelopathic plants: buckwheat. *Allelopathy J.*, 13: 137–148.
- Zhang Q., Yao L.J., Yang R.Y., Tang J.J., Chen X. 2007. Potential allelopathic effects of an invasive species *Solidago canadensis* in the mycorrhizae of native plant species. *Allelopathy J.* 20: 71–78.

ASSESSMENT OF ALLELOPATHIC POTENTIAL OF *SOLIDAGO VIRGAUREA* L. ON SOME SELECTED CROPS

Summary

The main goal of the presented paper was the evaluation of the allelopathic potential of *Solidago virgaurea* water extracts in order to some selected acceptor crops (*Fagopyrum esculentum*, *Zea mays*, *Sorghum vulgare*, *Hordeum vulgare* oraz *Secale cereale*). Laboratory tests were conducted at Institute of Plant Protection – National Research Institute in which germination and early growth test PHYTOTOKIT™ was used. Four water extract concentrations of *Solidago virgaurea* were assessed: 0 g of leaves/10 ml distilled water, 0,5 g of leaves/10 ml dw., 1 g leaves/10 ml dw. and 2 g leaves/10 ml dw. Data indicated that the most inhibition effect on germination and roots fresh weight influenced concentrations 1:10 and 2:10. Each of *S. virgaurea* concentrations reduced roots fresh weight of *Z. mays* and *S. vulgare*. *H. vulgare* and *S. cereale* responded to the applied concentration by the reduction of germination energy and capacity, and roots fresh weight reduction as well.

KEY WORDS: allelopathy, *Fagopyrum esculentum*, *Zea mays*, *Sorghum vulgare*, *Hordeum vulgare*, *Secale cereale*, *Solidago virgaurea*

Bartłomiej Karamon¹, Tomasz R. Sekutowski²

**PLONOWANIE ORAZ SKŁAD CHEMICZNY I WARTOŚĆ
OPAŁOWA MOZGI TRZCINOWATEJ (*PHALARIS ARUNDINACEA* L.)
PRZEZNACZONEJ NA CELE ENERGETYCZNE**

**YIELDS, CHEMICAL COMPOSITION AND ENERGETIC VALUE
OF REED CANARY GRASS (*PHALARIS ARUNDINACEA* L.)
DESIGNED FOR ENERGETIC PURPOSES**

¹*Lesaffre Polska S.A, Wolczyn*

²*Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach, Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu*

*Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute in Puławy,
Department of Weed Science and Tillage Systems in Wrocław*

W badaniach prowadzonych w latach 2009–2011 na założonej plantacji oceniano możliwości produkcyjne *P. arundinacea* pod kątem wykorzystania jej na cele energetyczne. Plon biomasy uzyskiwano dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym (lato/zima). Pozyskaną biomasę poddano analizie pod kątem zawartości popiołu oraz wybranych pierwiastków, tj. azot, fosfor, potas, wapń, magnez, sód, siarka i chlor. Oceniano również wilgotność całkowitą, wartość opałową w stanie roboczym i ciepło spalania biomasy *P. arundinacea*. Dwukośny system zbioru pozwolił na uzyskanie w 3. roku uprawy plonu biomasy wynoszącego 8,40 t·ha⁻¹. Ponadto średnia zawartość popiołu (55 g·kg⁻¹ s.m.) i wilgoci (9,8%) oraz wartość opałowa (14,7 MJ·kg⁻¹ s.m.) i ciepło spalania (16,2 MJ·kg⁻¹ s.m.) świadczą o tym, że badana biomasa *P. arundinacea* może być wykorzystywana w celach opałowych. Problemem podczas spalania może być zawartość chloru (0,41%) w biomacie *P. arundinacea*, która może przyczyniać się do powstawania procesu określanego mianem żużlowania rusztów.

SŁOWA KLUCZOWE: mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea*), plon biomasy, termin zbioru, skład chemiczny, popiół, wartość opałowa, ciepło spalania

Do cytowania – For citation: Karamon B., Sekutowski T.R., 2012. Plonowanie oraz skład chemiczny i wartość opałowa mozgi trzcinowatej (*Phalaris arundinacea* L.) przeznaczonej na cele energetyczne. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 63–72.

WSTĘP

Przyjęta w roku 2000 przez Radę Ministrów strategia rozwoju energetyki odnawialnej zakłada, że udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w bilansie energii pierwotnej powinien wynosić w Polsce w 2020 r. 14%. Według rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z roku 2005 udział biomasy produkowanej na użytkach rolnych powinien w 2014 r. osiągnąć poziom 60% (<http://www.wmae.pl>). Wyjściem z tej sytuacji może być możliwość wykorzystania do produkcji „zielonego węgla” upraw roślin „energetycznych” nierolniczych. Termin ten obejmuje wszystkie gatunki roślin, które gromadzą odpowiednią ilość lignocelulozy jako produktu wyjściowego do produkcji nośników energii (zrębków, peletów, brykietów, bioetanolu czy biogazu). Duża plastyczność ekologiczna takich gatunków stwarza możliwość wykorzystania ich do produkcji biomasy przeznaczonej na cele energetyczne na różnych siedliskach. Ponadto niektóre gatunki mogą być spożytkowane w innych dziedzinach gospodarki, tj. rekultywacja terenów zdegradowanych przez przemysł, tworzenie stref ochronnych, wiązanie zanieczyszczeń występujących w ściekach, osadach czy odpadach przemysłowych (Christersson 1994, Potter i wsp. 1995, Ledin 1996, Szczukowski i wsp. 2002, 2004, Borkowska, Wardzińska 2003, Gradziuk i wsp. 2003, Majtkowski 2006, Wrzosek i wsp. 2008, Podlaski i wsp. 2010, Patrzalek i wsp. 2011).

Właściwa eksploatacja takich źródeł energii (roślin nierolniczych) jest korzystna dla środowiska naturalnego oraz rynku płodów rolnych. Ponadto biomasa pozyskiwana z takich plantacji uważana jest za tzw. paliwo neutralne, właśnie ze względu na niewielką emisję do środowiska gazów cieplarnianych. W związku z tym w ostatnich 5 latach obserwuje się wyraźne zainteresowanie wykorzystaniem różnych roślin nierolniczych na cele energetyczne (Kowalik 1994, 1997, Jeżowski 1999, 2001, 2003, Skrzypczak i wsp. 2007). Najczęściej wykorzystywane są w tym celu takie gatunki jak: *Salix sp.*, *Populus sp.*, *Robinia pseudoacacia*, *Sida hermaphrodita*, *Miscanthus x giganteus*, *Spartina pectinata* czy *Panicum virgatum*. Oprócz wymienionych roślin „energetycznych” istnieją jeszcze inne gatunki, które ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne, wysoką wydajność i stosunkowo niskie koszty agrotechniczne mogą być zaliczane do roślin energetycznych. Do takich gatunków należy wieloletnia, bardzo wydajna trawa krajowa – mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea*) (fot. 1).



Fot. 1. Mozga trzcinowata
(*P. arundinacea*)

Phot. 1. Reed canary grass
(*P. arundinacea*)

Trawa ta występuje pospolicie w stanie dzikim w strefie klimatu umiarkowanego. Jest typowym gatunkiem hydro- i nitrofilnym, bardzo dobrze znoszącym nawet długotrwałe podtopienia powierzchniowe. W Polsce spotykana jest w stanie naturalnym szczególnie na żyznych łągach zalewowych, a ponadto bywała częstym składnikiem runi łąkowej (Grynia i wsp. 1995, Kryszak i wsp. 2007). Jako roślina „energetyczna” wykorzystywana jest od wielu lat z dużym powodzeniem w krajach skandynawskich czy Wielkiej Brytanii (El Bassam 1998, Sahraama M. 2003). Również w krajowej ekonoenergetyce czynione są próby wykorzystania biomasy *P. arundinacea* na większą skalę (Golińska, Kozłowski 2006, Księżak, Faber 2007, Kuś, wsp. 2008, Grzelak 2009).

Celem badań była ocena możliwości pozyskania biomasy z plantacji mozgi trzcino-watej (*P. arundinacea*) z przeznaczeniem na cele energetyczne.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2009–2011 na polach produkcyjnych mozgi trzcino-watej (*P. arundinacea*) o powierzchni 89 ha, które należą do firmy Lesaffre Polska z siedzibą w Wołczynie. Doświadczenia terenowe zostały zlokalizowane na glebie brunatno-pylastej na podłożu gliniastym, klasy IIIa i IIIb, gdzie przedplonem były typowe rośliny rolnicze, tj. kukurydza, pszenica jara oraz pszenica ozima. Nasiona *P. arundinacea* sprowadzono z USA ze stanu Wisconsin. Norma wysiewu wynosiła 16 kg·ha⁻¹ a siew wykonano na przełomie marca i kwietnia, siewnikiem zbożowym Accord DT 6. Wschody roślin *P. arundinacea* były wyrównane, a pierwsze siewki pojawiały się już po upływie około 5–7 dni od momentu siewu. Celem ograniczenia konkurencji ze strony chwastów na badanej plantacji w ciągu pierwszych 8 tyg. wykonano dwa zabiegi: chemiczny oraz mechaniczny. Do zabiegu chemicznego użyto herbicydu Chwastox Extra 300 SL w dawce 3,5 l·ha⁻¹, który miał na celu ograniczenie konkurencji ze strony chwastów dwuliściennych (w szczególności *Chenopodium album*). Plantację opryskano w fazie 3–5 liści *P. arundinacea* (okres około 3 tyg. po siewie). Następnie po upływie kolejnych 5 tyg., gdy rośliny *P. arundinacea* osiągnęły wysokość około 20–30 cm, wykonano zabieg mechaniczny polegający na jej przycięciu kosiarką dyskową Pottinger Novacat 3007 T do wysokości 10 cm. Zabieg ten miał na celu nie tylko ograniczenie konkurencji ze strony chwastów jednoliściennych (zwłaszcza *Echinochloa crus-galli*), ale również pobudzenie roślin *P. arundinacea* do silniejszego krzewienia.

Pierwszy technologiczny zbiór biomasy wykonano po 3–4 tygodniach od momentu zakończenia kwitnienia przez rośliny *P. arundinacea* (II dekada lipca), natomiast drugi w okresie zimowym (przełom lutego i marca) (fot. 2). Z uzyskanego materiału roślinnego pobrano próbki zbiorcze, które przesłano do Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Opolu oraz do Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze, gdzie poddano je analizie na zawartość popiołu, wilgotność całkowitej, wartości opałowej w stanie roboczym, badano ciepło spalania oraz zawartości następujących pierwiastków: azot (N), fosfor (P), potas (K), wapń (Ca), magnez (Mg), sód (Na), siarka (S) i chlor (Cl).

W statystycznym opracowaniu wyników dotyczących wielkości plonu biomasy *P. arundinacea* użyto metody analizy wariancji. Istotność różnic testowano, wykorzystując półprzedział ufności Tukey’a, a najmniejszą istotną różnicę podano dla poziomu ufności wynoszącego $P \leq 0,05$.



Fot. 2. Zbiór biomasy mozgi trzcinowatej (*P. arundinacea*)
Phot. 2. The harvest of biomass reed canary grass (*P. arundinacea*)

WYNIKI I OMÓWIENIE

Zdaniem Podlaskiego i wsp. (2010) kryteria oceny roślin przeznaczonych na cele energetyczne, jako surowca do produkcji „zielonej energii”, zależą od formy energii, jaką chcemy uzyskać (np. ciepło, elektryczność) i technologii konwersji biomasy (np. bezpośrednie spalanie, gazyfikacja czy piroliza). Kolejnym zasadniczym czynnikiem jaki powinien być spełniony podczas wyboru roślin do produkcji biomasy, jest wysoki plon suchej masy i energii w niej zawartej oraz właściwy dobór gatunku do warunków siedliskowych (Landstrom i wsp. 1996, Jeżowski 2001, 2003, Gradziuk i wsp. 2003, Szczukowski i wsp. 2004, Dradrach i wsp. 2007, Kuś i wsp. 2008, Podlaski i wsp. 2010).

W badaniach własnych trwających 3 sezony zastosowano dwukośny system zbioru biomasy *P. arundinacea*. W pierwszym sezonie (rok 2009) podczas zbioru letniego (miesiąc lipiec) uzyskano plon biomasy wynoszący $3,60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w trakcie zbioru zimowego (luty/marzec) jedynie $1,50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Tak duża różnica pomiędzy zbiorem letnim i zimowym wystąpiła również w kolejnych dwóch (tab. 1). Najwyższe plony biomasy uzyskiwano ze zbioru letniego, odpowiednio $6,90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ dla roku 2010 i $6,60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ dla roku 2011. Natomiast zbiór zimowy charakteryzował się istotnie niższym plonem biomasy wynoszącym odpowiednio $1,20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rok 2010) i $1,80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rok 2011) (tab. 1).

Po zsumowaniu plonów z dwóch pokosów dla każdego roku oddzielnie – stwierdzono, że w roku 2009 plon biomasy wynosił tylko $5,10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Natomiast istotnie wyższy plon biomasy odnotowano dla dwóch kolejnych lat badań, odpowiednio $8,10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $8,40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Podobną interakcję pomiędzy wielkością plonu a wiekiem plantacji uzyskali inni autorzy zajmujący się tematyką związaną z pozyskiwaniem biomasy z różnych roślin „energetycznych” (Landstrom i wsp. 1996, Kuś i wsp. 2008, Grzelak 2009).

Nieco inaczej plonowanie *P. arundinacea* wygląda na naturalnych obszarach łąk mozgowych rozlewisk i dolin rzecznych. Naturalne łąki mozgowe w dolinach rzecznych stanowią pozostałość dawnych ekosystemów bagiennych. Przeważnie są to formy przejściowe z udziałem typowych gatunków zbiorowisk łąkowych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*.

W związku z tym wielkość plonu biomasy z takich naturalnych szuwarów mozgowych w dużym stopniu uzależniona jest od procentowego udziału *P. arundinacea* w zbiorowisku roślinnym. Grzelak (2009) najwyższe plony uzyskiwał w podzespołach *Phalaridetum arundinaceae typicum* (12,90 t·ha⁻¹) oraz *Phalaridetum arundinaceae glycerietosum maximae* (12,70 t·ha⁻¹). Natomiast najniższe plony notował dla zespołu *Phalaridetum arundinaceae deschampsietosum caespitosae* (6,20 t·ha⁻¹). Zdecydowanie niższe plony suchej masy uzyskali Kryszak i wsp. (2007) dla łąk mozgowych w Dolinie Baryczy i wahały się one w granicach od 5,80 do 6,70 t·ha⁻¹.

Tabela 1
Table 1

Plonowanie mozgi trzcinowatej (*P. arundinacea*) w zależności od terminu zbioru
Yields of reed canary grass (*P. arundinacea*) depending on the harvest time

Termin zbioru Harvest time	Plon biomasy (t·ha ⁻¹) – Yield of biomass		
	Rok 2009 Year 2009	Rok 2010 Year 2010	Rok 2011 Year 2011
Lato – Summer	3,60	6,90	6,60
Zima – Winter	1,50	1,20	1,80
Suma – Sum	5,10	8,10	8,40
Interakcja lata × termin zbioru Interaction years × harvest time	0,95		

Każdy typ biomasy charakteryzuje się specyficznymi cechami, które decydują o jej wartości w procesie spalania, gazyfikacji czy fermentacji (Podlaski i wsp. 2010).

W badaniach własnych *P. arundinacea* wyróżniała się wysoką zawartością makroelementów, szczególnie potasu i fosforu (tab. 2). Zbliżone wyniki badań runi szuwaru mozgowego uzyskała Golińska i Kozłowski (2006) oraz Grzelak (2009). Zdaniem Burvalla (1997), a także Gworek i Mocka (2001) zawartość makro- i mikroelementów w runi szuwaru mozgowego jest w znacznym stopniu uzależniona od terminu zbioru oraz zasobności siedliska. Duża zawartość azotu, potasu, sodu i siarki w spalanej biomase może przyczynić się do szybszego zużywania kotła w wyniku tworzenia się szkodliwych gazów, powstawania na ściankach kotła siarczanów potasu czy sodu (korozja). Natomiast wysoka zawartość chloru może powodować powstawanie procesu określanego mianem żużlowania rusztów. W badaniach własnych zawartość chloru, siarki i sodu w biomase *P. arundinacea* wynosiła odpowiednio: 0,41, 0,17 i 0,05% (tab. 2). Wartości te były zbliżone do wyników, jakie otrzymali inni autorzy (Golińska, Kozłowski 2006, Grzelak 2009, Podlaski i wsp. 2010).

Jednym z ważniejszych parametrów determinujących wartość opałową jest zawartość wody w biomase. Powietrznie sucha masa dobrej jakości biomasy przeznaczonej do bezpośredniego spalania w postaci np. balotów (fot. 3) powinna zawierać 15–20% wody. Natomiast do produkcji brykietów (fot. 4) czy peletów wilgotność biomasy nie powinna przekraczać 10% (Podlaski i wsp. 2010). Średnia wilgotność biomasy *P. arundinacea* pozyskanej w badaniach własnych wynosiła 9,8%. Zdecydowanie niższe wartości wilgotności biomasy *P. arundinacea* uzyskali Dradrach i wsp. (2007) oraz Grzelak (2009) (tab. 3).



Fot. 3. Baloty z mozgi trzcino-
watej (*P. arundinacea*)
Phot. 3. Bales made of reed
canary grass (*P. arundinacea*)



Fot. 4. Brykiet z mozgi trzcino-
watej (*P. arundinacea*)
Phot. 4. Briquette made of reed
canary grass (*P. arundinacea*)

Efektem końcowym spalanej biomasy są pozostałości stałe określane mianem popiołu. W zależności od zawartości popiołu dostępność energii z biomasy może być różna. Stwierdzono, że korelacja pomiędzy wartością opałową biomasy a zawartością popiołu jest ujemna. Zwiększenie zawartości popiołu w biomacie o 1% powoduje obniżenie jej wartości opałowej o $0,2 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Ponadto w procesie spalania w kotłach z popiołu tworzy się tzw. szlaka, która pogarsza właściwości grzewcze takiego kotła (Jenkins i wsp. 1998).

Średnia popielność analizowanej w badaniach własnych biomasy *P. arundinacea* wynosiła $59 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (tab. 3). Wartość ta zbliżona była do wyników, jakie uzyskali Harkot i wsp. (2007). Autorzy ci podają, że w ich badaniach, zawartość popiołu w suchej masie pozyskanej z *P. arundinacea* wyniosła $55 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Większą zawartość popiołu w analizowanej biomacie uzyskali Dradrach i wsp. (2007) oraz Grzelak (2009). Autorzy ci podają, że zawartość popiołu wynosiła, odpowiednio: 68 oraz $69 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Natomiast badania przeprowadzone przez Rogalskiego i wsp. (2005) wskazują na to, że zawartość popiołu w suchej masie pozyskanej z *P. arundinacea* może być prawie dwukrotnie wyższa i osiągać wartość $128 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Najważniejszymi parametrami termiczno-fizycznymi biomasy przeznaczonej na opał są wartość opałowa i ciepło spalania, które bardzo często określane są jako dolna wartość

opałowa. W badaniach własnych wartości obu tych parametrów występują na poziomie średnim i są porównywalne z wartościami uzyskanymi przez Rogalskiego i wsp. (2005), ale jednak zdecydowanie niższe od wartości, jakie otrzymali Harkot i wsp. (2007), Dradrach i wsp. (2007) oraz Grzelak (2009) (tab. 3).

Tabela 2

Table 2

Zawartość wybranych pierwiastków w biomase mozgi trzcinowatej (*P. arundinacea*) i ich zmienność w kolejnych latach badań
Content selected elements in biomass of reed canary grass (*P. arundinacea*) and their variation in the subsequent years of research

Pierwiastek (g·kg ⁻¹) Element	Lata badań – Years of investigation			Średnio Mean
	2009	2010	2011	
N Azot – Nitrogen	1,85	1,21	1,32	1,46
P Fosfor – Phosphorus	0,26	0,20	0,20	0,22
K Potas – Potassium	2,08	1,43	1,43	1,65
Ca Wapń – Calcium	0,31	0,33	0,28	0,31
Mg Magnez – Magnesium	0,14	0,10	0,14	0,13
Na Sód – Sodium	0,05	0,04	0,06	0,05
S Siarka – Sulfur	0,20	0,15	0,17	0,17
Cl Chlor – Chlorine	0,30	0,47	0,46	0,41

Tabela 3

Table 3

Charakterystyka wartości energetycznej biomasy mozgi trzcinowatej (*P. arundinacea*)
Characteristic of energy value biomass of reed canary grass (*P. arundinacea*)

Autorzy badań Authors of investigation	Wartość opałow biomasy (MJ·kg ⁻¹ s.m.) Energy value of biomass	Ciepło spalania (MJ·kg ⁻¹ s.m.) Heat of combustion	Zawartość popiołu (g·kg ⁻¹ s.m.) Ash content	Wilgotność (%) Moisture content
Badania własne Own investigations	14,7	16,2	59	9,8
Grzelak 2009	18,2	19,4	69	7,7
Dradrach i wsp. 2007	17,0	17,0	68	6,8
Harkot i wsp. 2007	18,0	19,1	55	brak danych no data
Rogalski i wsp. 2005	15,5	17,6	128	brak danych no data

Z przeprowadzonych badań własnych wynika, że z 1 ha założonej plantacji *P. arundinacea* na użytkach rolnych klasy IIIa i IIIb możliwe było uzyskanie w 3. roku uprawy – 8,4 t biomasy. Przyjmuje się, że plon ten ma wartość opałową równą 4,0 t węgla kamiennego, czyli już z powierzchni 2,0 ha plantacji *P. arundinacea* możliwe jest zaspokojenie rocznych potrzeb energetycznych jednorodzinnego gospodarstwa domowego średniej wielkości. Uprawa wielohektarowych (powyżej 500 ha) plantacji „roślin energetycznych” może przyczynić się do zwiększenia niezależności energetycznej lokalnych społeczności w danej gminie czy powiecie.

WNIOSKI

1. Wielkość plonu biomasy uzyskanej z celowo założonej plantacji *P. arundinacea* uzależniona była od terminu zbioru (lato/zima) oraz wieku plantacji.
2. Największą wydajność biomasy uzyskano w 3. roku badań. Łącznie, podczas zbioru letniego i zimowego, otrzymano 8,40 t·ha⁻¹ biomasy *P. arundinacea*.
3. Średnia zawartość popiołu (59 g·kg⁻¹ s.m.) i wilgoci (9,8%) oraz średnia wartość opałowa (14,7 MJ·kg⁻¹ s.m.) i ciepło spalania (16,2 MJ·kg⁻¹ s.m.) biomasy *P. arundinacea* potwierdzają przydatność tej fitomasy jako surowca energetycznego.
4. Problemem podczas spalania biomasy *P. arundinacea* może być stosunkowo wysoka zawartość chloru (0,41%), co może powodować żużlowanie rusztów.

PIŚMIENNICTWO

- Borkowska H., Wardzińska K., 2003. Some effects of *Sida hermaphrodita* R. cultivation on sewage sludge. Pol. J. Environ. Stud., 12(1): 119–122.
- Burvall J., 1997. Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary-grass (*Phalaris arundinacea* L.). Biomass and Bioenergy, 12(3): 149–154.
- Christersson L. 1994. The future of European agriculture – food, energy, paper and the environment. Biomass and Bioenergy, 6: 141–144.
- Dradrach A., Gąbka D., Szlachta J., Wolski K., 2007. Wartość energetyczna kilku gatunków traw uprawianych na glebie lekkiej. Łąk. Pol., 10: 29–35.
- El Bassam N., 1998. Energy Plant Species. Their use and impact on environmental and development. James&James, Sci. Publ. London.
- Golińska B., Kozłowski S., 2006. Zmienność w występowaniu składników organicznych i mineralnych w *Phalaris arundinacea*. Ann. UMCS Lublin-Polonia 61: 353–360.
- Gradziuk P., Grzybek A., Kowalczyk K., Kościk B., 2003. Biopaliwa. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa.
- Grynja M., Kryszak A., Ogrodowczyk T. 1995. Analiza flory łąk w dolinie Mogilnicy. Ann. UMCS Lublin-Polonia, 50: 259–262.
- Grzelak M., 2009. Plonowanie szuwaru mózgowego oraz skład chemiczny i wartość energetyczna mozgi trzcinowatej. Fragm. Agron., 26(4): 38–45.
- Gworek B., Mocek A., 2001. Obieg pierwiastków w przyrodzie. Monografia. Wyd. Inst. Ochr. Środ., Warszawa.
- Harkot W., Warda M., Sawicki J., Lipińska T., Wylupek T., Czarnecki Z., Kulik M., 2007. Możliwość wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych. Łąk. Pol., 10: 59–67.

- http://www.wmae.pl/userfiles/file/Do_pobrania/polityka_energetyczna_polski_do_2025r.pdf.
- Jenkins B.M., Baxter L.L., Miles T.R., Jr Miles T.R., 1998. Combustion properties of biomass. *Fuel Proc. Technol.*, 54(1–3): 17–46.
- Jeżowski S., 1999. Miskant chiński (*Miscanthus sinensis* (Thunb.) Andersson) – źródło odnawialnych i ekologicznych surowców dla Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 468: 159–166.
- Jeżowski S., 2001. Rośliny energetyczne – ogólna charakterystyka, uwarunkowania fizjologiczne i znaczenie w produkcji ekobiopaliwa. *Post. Nauk Rol.*, 2: 19–27.
- Jeżowski S., 2003. Rośliny energetyczne – produktywność oraz aspekt ekonomiczny, środowiskowy i socjalny ich wykorzystania jako ekobiopaliwa. *Post. Nauk Rol.*, 3: 61–73.
- Kowalik P., 1994. Potencjalne możliwości energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. *Gospodarka paliwami i energią*, 3: 9–12.
- Kowalik P., 1997. Światowe tendencje w wykorzystaniu biomasy do produkcji ciepła, elektryczności i paliw samochodowych. *Gospodarka paliwami i energią*, 1: 2–5.
- Kuś J., Faber A., Stasiak M., Kawalec A., 2008. Plonowanie wybranych gatunków roślin uprawianych na cele energetyczne na różnych glebach. *Probl. Inż. Rol.*, 1: 79–86.
- Kryszak A., Kryszak J., Klarzyńska A., 2007. Łąki mozgowe (*Phalaridetum arundinaceae*) w Dolinie Baryczy. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 7, 2a(20): 209–218.
- Książek J., Faber A., 2007. Ocena możliwości pozyskiwania biomasy z mozgi trzcinowatej na cele energetyczne. *Łąk. Pol.*, 10: 141–148.
- Landstrom S., Lomakka L., Andersson S., 1996. Harvest in spring improves yield and quality of reed canary grass as a bioenergy crop. *Biomass and Bioenergy*, 11(4): 333–341.
- Ledin S., 1996. Willow wood properties, production and economy. *Biomass and Bioenergy*, 11(2–3): 75–83.
- Majtkowski Wł., 2006. Bioróżnorodność upraw energetycznych podstawą zrównoważonego rozwoju. *Probl. Inż. Rol.*, 2: 25–36.
- Patrzałek A., Kozłowski S., Swędryński A., Traba Cz., 2011. Trzcinnik piaskowy jako potencjalna roślina energetyczna. Monografia. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Podlaski Sł., Chołuj D., Wiśniewski G., 2010. Produkcja biomasy z roślin energetycznych. *Post. Nauk Rol.*, 2: 163–174.
- Potter L., Bingham M.J., Baker M.G., Long S.P., 1995. The potential of two perennial C₄ grasses and a perennial C₄ sedge as lingo-cellulosic fuel crops in N.W. Europe. Crop establishment and yields in E. England. *Annals Bot.*, 76: 513–520.
- Rogalski M., Sawicki B., Bajonko M., Wieczorek A., 2005. Wykorzystanie rodzimych gatunków traw jako odnawialnych źródeł energii. Monografia. Wyd. Optimex, Szczecin: 15–25.
- Sahramaa M., 2003. Evaluation of reed canary grass for different end – uses and in breeding. *MTT Agrifood Res. Finland*, 12: 227–241.
- Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P., 2007. Perspektywy produkcji roślin energetycznych w Polsce, [w:] *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Wyd. UP, Poznań, 4: 168–174.
- Szczukowski S., Tworowski J., Wiwart M., Przyborowski J., 2002. Wiklina (*Salix* sp.). Uprawa i Możliwości Wykorzystania. Wyd. UWM, Olsztyn.
- Szczukowski S., Tworowski J., Stolarski M., Przyborowski J., 2004. Plon biomasy wierzbow krzewiastych pozyskiwany z gruntów rolniczych w cyklach jednorocznych. *Fragm. Agron.*, 2(82): 5–18.
- Wrzosek J., Gawroński S., Gworek B., 2008. Zastosowanie roślin energetycznych w technologii fitoremediacji. *Ochr. Środ. i Zasob. Natur.*, 37: 139–151.

**YIELDS, CHEMICAL COMPOSITION AND ENERGETIC VALUE OF REED
CANARY GRASS (*PHALARIS ARUNDINACEA* L.) DESIGNED
FOR ENERGETIC PURPOSES**

S u m m a r y

In our study, conducted in 2009–2011 to deliberately set up plantation, production capacity was evaluated in terms of *Phalaris arundinacea* utilization for energy purposes. Biomass yield was obtained twice during the all growing season (summer/winter). The all biomass were analyzed for ash content and selected elements like nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, sulfur and chlorine. Also evaluated the total moisture content, calorific value in working condition and the heat combustion of biomass *P. arundinacea*. Our observation is confirmed that the two cut harvest system, allowed to gain in three years the yield of biomass crops amounting to 8.40 t·ha⁻¹. Moreover, the average ash content (55 g·kg⁻¹ d.m.) and moisture contain (9.8%) and the average caloric value (14.7 MJ·kg⁻¹ d.m.) and the heat of combustion (16.2 MJ·kg⁻¹ d.m.) testify to the fact that the test *P. arundinacea* biomass can be increased chlorine content (0.41%) in biomass of this element may contribute to a process known as slaging process grates.

KEY WORDS: reed canary grass (*Phalaris arundinacea*), yield of biomass, harvest time, chemical composition, ash content, energy value, heat of combustion

Maciej Korczyński

**SOLIDAGO W PRZESTRZENI ZURBANIZOWANEJ
MIASTA BYDGOSZCZY**

SOLIDAGO IN THE URBANIZED AREA CITY OF BYDGOSZCZ¹

*Katedra Botaniki i Ekologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
Department of Botany and Ecology, University of Technology and Life Science in Bydgoszcz*

Północno-amerykańskie gatunki *Solidago* są szeroko stosowane w terenach zieleni, skąd zasiedlają obszary przyległe. Na podstawie dokumentacji fitosocjologicznej z Bydgoszczy określono, że najczęściej notowane są z niewielką ilościowością. Preferują siedliska wysokich bylin o charakterze synantropijnym. Najczęściej są spotykane na obszarach określanych w gospodarce przestrzennej jako tereny zieleni nieurządzonej. W miarę wypełniania przestrzeni konkretną funkcją zmniejszają się powierzchnie siedlisk dla obcych gatunków z rodzaju *Solidago*.

SŁOWA KLUCZOWE: *Solidago*, siedliska, zieleni nieurządzona, Bydgoszcz

WSTĘP

Rośliny obce na nowych dla siebie obszarach pojawiają się dlatego, że świadomie przywieziono je z odległych rejonów, zawleczono nieświadomie lub przypadkowo. Trafiły do naturalnych bądź antropogenicznych siedlisk spełniających ich wymagania (Korczyński 1994). Pierwsza okoliczność wiąże się z obecnością północnoamerykańskich nawłoci w Polsce. Od wielu lat wykorzystuje się w terenach zieleni nawłoc kanadyjską *Solidago canadensis* L. i nawłoc późną *S. gigantea* Aiton. Stosowane są w tworzeniu grup parkowych, rabat, szpalerów, zieleni izolacyjnej. W kształtowanej przestrzeni stanowią dominanty widokowe, linie prowadzące i zatrzymujące wzrok. Nawłocie mają opinię roślin, które można sadzić na każdej glebie, rosną bujnie, lecz przy braku starannej pielęgnacji łatwo zachwaszczają najbliższe otoczenie (Hellwig 1971).

Poza kształtowanymi obszarami zieleni *Solidago canadensis* i *S. gigantea* spotykane są w opuszczonych ogrodach, na przydrożach, terenach kolejowych, wysypiskach śmieci,

Do cytowania – For citation: Korczyński M., 2012. *Solidago* w przestrzeni zurbanizowanej miasta Bydgoszczy. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 73–80.

nieużytkach, porębach i w siedliskach łągowych. Występują na obszarach dużych i małych miejscowości oraz poza terenami zurbanizowanymi. Oba gatunki w wielu miejscach mają status agriofitów (Fijałkowski 1978, Sudnik-Wójcikowska 1987, Jackowiak 1993, Święs i Kwiatkowska-Farbis 1998, Chmiel 2006, Witośłowski 2006).

W pierwszej pracy traktującej o florze terenów dzisiejszej Bydgoszczy gatunki obcych nawłoci nie są wymieniane (Kühling 1866). Prawie pół wieku później Bock (1908) podaje, że w zaroślach wzdłuż brzegów Wisły *Solidago gigantea* występuje często jako roślina dziczała. W 450 zdjęciach fitosocjologicznych roślinności synantropijnej Bydgoszczy publikowanych w 1975 r. *Solidago gigantea* pojawia się 9 razy, a *Solidago canadensis* wcale (Kępczyński 1975). W ciągu lat oba gatunki rozpoczęły ekspansję na terenie miasta (Korczyński 2003).

Celem pracy jest określenie stanu rozprzestrzenienia *Solidago canadensis* i *S. gigantea* na terenie miasta Bydgoszczy. Zwrócono uwagę na siedliska i uwarunkowania siedliskowe sprzyjające ich występowaniu.

MATERIAŁ I METODY

Podstawą analiz były zdjęcia fitosocjologiczne wykonane w latach 2001–2010, w których odnotowano nawłoc późną lub kanadyjską, wybrane spośród 2292 wykonanych przez autora na obszarze znajdującym się w granicach Bydgoszczy. Rozmieszczenie płatów z nawłocią przedstawiono na tle rozmieszczenia wszystkich wykonanych zdjęć. Każdą powierzchnię związano z formą użytkowania przestrzeni (Rozporządzenie... 2003) i charakterem zbiorowiska roślinnego (Matuszkiewicz 2005) oraz na każdej oznaczono odczyn kwasomierzem Helliga. Określono zróżnicowanie współczynnika ilościowości nawłoci i charakter flory fitocenozy z nawłocią.

WYNIKI

W całym materiale zdjęciowym *Solidago gigantea* odnotowano w 131 zdjęciach a *S. canadensis* w 33. Stanowi to odpowiednio 5,7 i 1,4% analizowanego materiału. Stanowiska obu gatunków rozmieszczone są na terenie całego miasta (rys. 1). W zasadzie nie notowano ich w głębi terenów leśnych, które zajmują 27,2% jego obszaru (Studium... 2009). Dalsze analizy występowania nawłoci w Bydgoszczy przeprowadzono łącznie dla obu gatunków. Powodem była duża różnica stwierdzonej liczby płatów z ich udziałem oraz fakt znacznego podobieństwa morfologicznego i ekologicznego obu gatunków (Zarzycki i wsp. 2002, Rutkowski 2004).

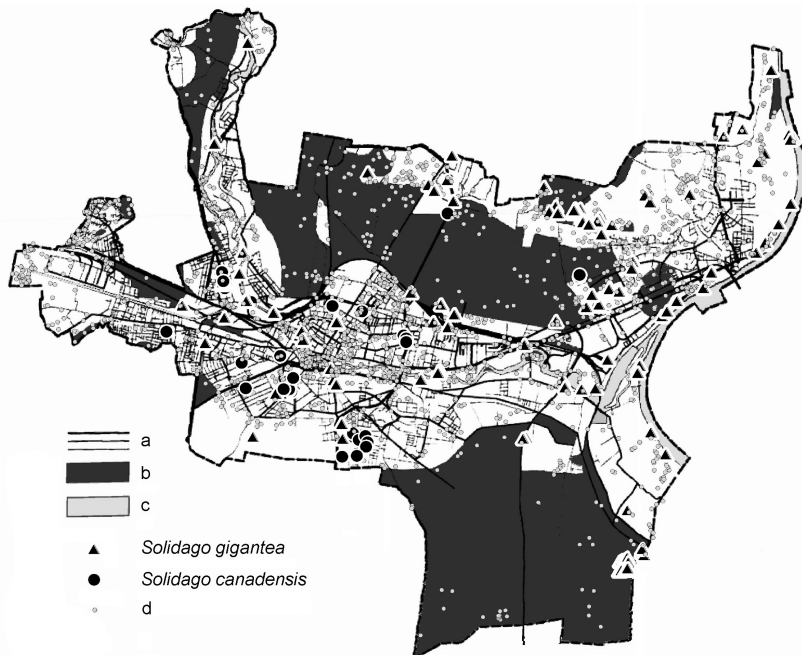
Nawłocie najczęściej notowano na terenach zieleni nieurządzonej stanowiącej 14,1% obszaru Bydgoszczy w granicach administracyjnych (Studium... 2009). Tworzą je głównie tereny wyłączone z produkcji rolnej i nieobjęte nową funkcją. Oba gatunki stwierdzono tu 90 razy, w tym 26 w sąsiedztwie wód powierzchniowych (rys. 2). Ważnym siedliskiem dla *Solidago* są zbiorowiska ziołoroślne towarzyszące brzegom Brdy, a zwłaszcza Wisły. Spotykane są w antropogenicznych fitocenozach, w których dominują

wysokie byliny oraz trawy – *Agropyron repens*, *Bromus inermis*, *Calamagrostis epigeios*, rzadko *Hierochloë repens*. Odpowiednio w płatach nawiązujących do *Artemisienea*, *Galio-Urtinenea* i *Agropyretea* nawłocie odnotowano 52, 39 i 32 razy. Dość częste są w drzewostanach z *Alnus glutinosa* oraz na miejscach o charakterze plantacji syantropijnych drzew – *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia* (rys. 3).

Nawłocie, mimo że częste na siedliskach wilgotnych, nie tworzą zbiorowisk nawiązujących do zbiorowisk szuwarowych. Stwierdzono *Solidago gigantea* w płacie szuwaru z *Carex acutiformis* w kompleksie sportów zimowych Leśnego Parku Kultury i Wypoczynku oraz w zanikających płatach z *Phragmites australis* świadczących o wysokim poziomie wody w przeszłości w obrębie terenów obecnie intensywnie zainwestowanych.

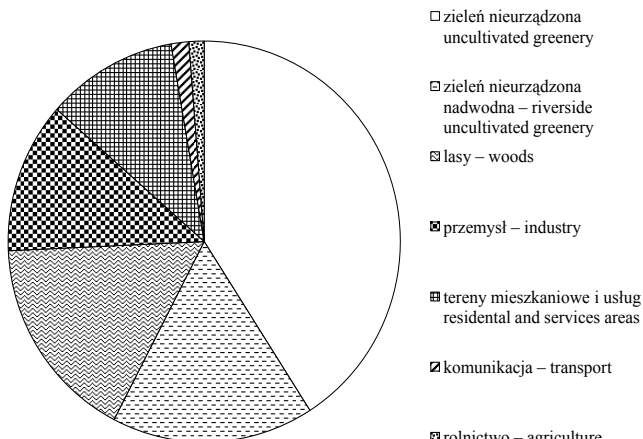
W przestrzeni miejskiej najefektniej prezentują się powierzchnie całkowicie pokryte przez *Solidago canadensis* lub *S. gigantea*. W analizowanym materiale zdjęciowym liczby płatów w konkretnych stopniach ilościowości wynoszą: r – 9, + – 104, 1 – 8, 2 – 5, 3 – 2, 4 – 10, 5 – 25. Tym samym w nieco ponad 21% miejsc nawłocie tworzą ponad połowę pokrycia terenu. Dominują te, w których nie osiągają znaczącego udziału.

W zależności od stopnia pokrycia terenu przez nawłocie średnia liczba gatunków w zdjęciu fitosocjologicznym wynosiła: pokrycie r – 1 – 23, 1; 2-3 – 25, 1; 4-5 – 15 gatunków. W miarę wzrastania roli *Solidago* w fitocenozie zmniejsza się znaczenie innych roślin. Ma to miejsce w obszarach, na których przy braku działań porządkowych lub wprowadzania nowej funkcji proces sukcesji zachodzi bez zakłóceń. W przypadku pełnego pokrycia nawłocie rosną w zasadzie w monokulturze.

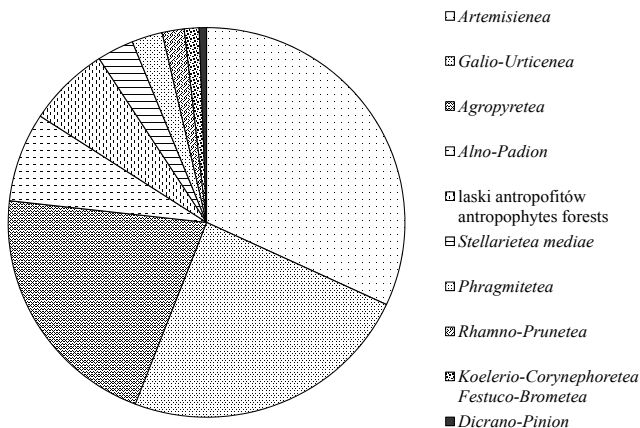


Rys. 1. Rozmieszczenie stanowisk *Solidago gigantea* i *S. canadensis* na terenie Bydgoszczy (a – tereny zabudowane, b – lasy, c – rzeki i kanały, d – lokalizacja zdjęć fitosocjologicznych)

Fig. 1. Site distribution of *Solidago gigantea* and *S. canadensis* in Bydgoszcz (a – developed areas, b – forests, c – rivers and canals, d – locality of records)



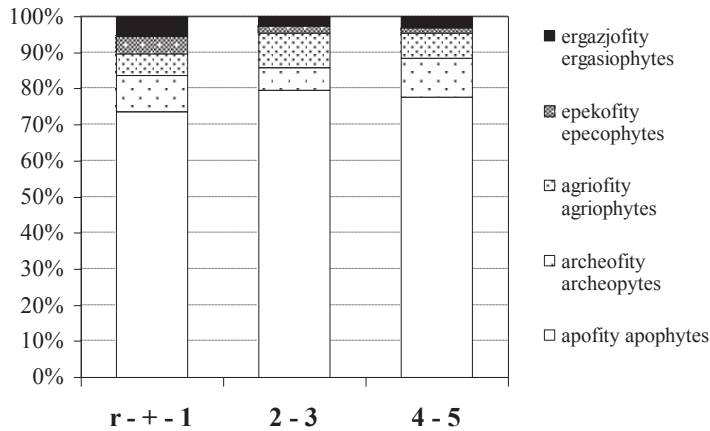
Rys. 2. Występowanie nawłoci na tle form użytkowania terenu
 Fig. 2. *Solidago* occurrence depending on land use forms



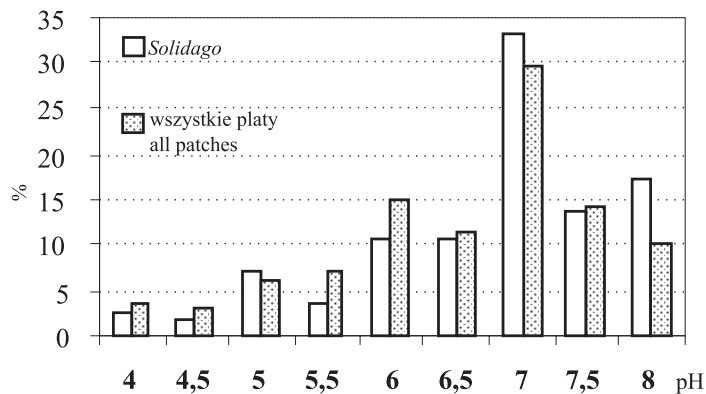
Rys. 3. Spektrum fitocenozy nawłoci
 Fig. 3. *Solidago* phytocoenotic spectrum

Zbiorowiska roślinne z udziałem nawłoci pod względem jakościowym są zdominowane przez gatunki rodzime. Nie więcej niż 20% na liście florystycznej stanowią agriofity i archeofity. Udział gatunków obcych maleje wraz ze wzrostem pokrycia terenu przez *Solidago* (rys. 4).

Siedliska zajmowane przez nawłocie charakteryzowało podobne spektrum odczynu gleby, jakie odnotowano dla wszystkich płatów roślinności miasta, dla których określono wartość pH gleby (rys. 5). Potwierdza to tezę ich dużej tolerancji w stosunku do właściwości gleby.



Rys. 4. Udział grup geograficzno-historycznych we florze w zależności od ilościowości nawłoci
 Fig. 4. Participation of geographic-historical groups depending on the *Solidago* abundance



Rys. 5. Wieloboki frekwencji pH gleby w płatach z *Solidago* i płatach roślinnych z terenu Bydgoszczy
 Fig. 5. Frequency polygons of soil pH in *Solidago* patches and vegetation patches in Bydgoszcz

DYSKUSJA NAD WYNIKAMI

Spośród obcych gatunków zasiedlających tereny zurbanizowane nawłocie prezentują się jako jedne z najefektowniejszych pod względem plastycznym. Dorównują im jedynie niecierpek himalajski, topinambur, rudbekie i niespotykany na terenie Bydgoszczy barszcz Sosnowskiego. Wykorzystanie walorów ozdobnych roślin stało się jedną z przyczyn ich rozprzestrzeniania. Stąd istotna rola architektów krajobrazu w ograniczaniu stosowania gatunków o dużym potencjale inwazyjnym (Reichard, White 2001, Pałowska, Lipa 2008).

Intensywne zmiany w użytkowaniu przestrzeni i utrzymywanie się terenów niezagospodarowanych sprzyjają rozprzestrzenianiu się nawłoci. W ciągu około czterdziestu lat stała się powszechna na terenie całej Bydgoszczy, zwłaszcza na terenach niezagospodarowanych. Podobnie zachowała się *Ambrosia psilostachya*, przy czym nie były tu powodem jej walory ozdobne (Korczyński, Krasicka-Korczyńska 2011).

W większości przypadków stosunek nawłoci późnej i kanadyjskiej do roślin tworzących płat roślinności można określić jako subletywny bądź kompensacyjny (Faliński 1968, Misiewicz, Krasicka-Korczyńska 1996). Do takiego stwierdzenia skłania dominacja w zebranych materiale zdjęć z małą ilościowością tych gatunków. W miarę zwiększania się udziału nawłoci w fitocenozie nasila się konkurencja o światło (Souza i wsp. 2010). *Solidago canadensis* ma właściwości allelopatyczne, płaty z jej dominującym udziałem charakteryzuje przekształcenie zasobów pokarmowych siedliska (Abhilasha i wsp. 2001, Weidenhamer, Callaway 2010). Dla wielu gatunków zwarta warstwa pędów i kłączy stanowi barierę utrudniającą kiełkowanie. W Europie nawłocie w zasadzie nie mają wrogów naturalnych, stąd w wyniku zajmowania przez nawłocie coraz większych powierzchni, płaty w których dominują, nabierają charakteru synuzyjnego. Należy zauważyć, że w Bydgoszczy nie są one przyczółkami dla innych gatunków obcych. Jednak notowano miejsca, w których nawłoci późnej towarzyszyły *Impatiens glandulifera*, *Hieracium mantegazzianum*, *Reynoutria japonica* i *Helianthus tuberosus*. Z uwagi na dużą efektywność rozmnażania generatywnego oraz silnie rozwinięty system kłączy trwałe usunięcie nawłoci jest szalenie trudne (Weber, Jakobs 2005).

Fitocenozy synantropijne z dominacją nawłoci na terenach zurbanizowanych posiadają zdecydowanie pozytywne walory estetyczne oraz duże znaczenie we wzmacnianiu roli producentów w ekosystemie miejskim. W przypadku ich spontanicznego wkraczania na obszary porzucone i zaniedbane mogą być akceptowane (Janecki 1983). Tym niemniej ich rozprzestrzenianie się wprowadza do środowiska kolejny gatunek obcy geograficznie, co ogranicza jego dostępność dla roślin rodzimych i swoistych dla konkretnego regionu.

PODSUMOWANIE

Nawłocie są stałym i widocznym gatunkiem we florze miasta. Ich występowaniu sprzyja utrzymywanie dużych terenów niezagospodarowanych. Przy masowym występowaniu ograniczają dostępność zajętych biochor dla innych gatunków roślin. W miarę wypełniania przestrzeni konkretną funkcją zmniejszają się powierzchnie siedlisk dla obcych gatunków z rodzaju *Solidago*.

PIŚMIENNICTWO

- Abhilasha D., Quintana N., Vivanco J., Joshi J., 2008. Do allelopathic compounds in invasive *Solidago canadensis* s.l. restrain the native European flora? J. Ecol., 96: 993–1001.
- Bock W., 1908. Taschenflora von Bromberg (Das Netzegebiet). Mittler'sche Buchhandlung (A. Fromm Nachf.).

- Chmiel J., 2006. Zróżnicowanie przestrzenne flory jako podstawa ochrony przyrody w krajobrazie rolniczym. Prace Zakładu Taksonomii Roślin Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 14.
- Faliński J.B., 1968. Stadia neofityzmu i stosunek neofitów do innych komponentów zbiorowiska. Materiały Zakładu Fitosocjologii Stosowanej UW, 25: 15–31.
- Fijałkowski D., 1978. Synantropy roślinne Lubelszczyzny. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Prace Wydziału Biologii V. PWN Warszawa.
- Hellwig Z., 1971. Byliny w parku i ogrodzie. PWRiL, Warszawa.
- Jackowiak B., 1993. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Poznaniu. Prace Zakładu Taksonomii Roślin Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2: 409.
- Janecki J., 1983. Człowiek a roślinność synantropijna miasta na przykładzie Warszawy. Wydawnictwo SGGW-AR.
- Kępczyński K., 1975. Zbiorowiska roślin synantropijnych na terenie miasta Bydgoszczy. Acta Univ. Nic. Cop., Biologia XVII: 3–87.
- Kühling L., 1866. Verzeichniss der in Bromberg's Umgegend wild wachsenden phanerogamischen Pflanzen. Schriften der physik.-ökonom. Gesellsch. VII: 1–29.
- Korczyński M., 1994. Szata roślinna wobec urbanizacji. Towarzystwo Wolnej Wszechnicy Polskiej Oddział w Bydgoszczy. Zeszyty Naukowe. Seria Ochrona Środowiska, 9: 118–123.
- Korczyński M., 2003. Flora roślin nasiennych Bydgoszczy, [w:] Flora miast (red.) M. Korczyński. Kujawsko-Pomorskie Centrum Edukacji Ekologicznej, Polskie Towarzystwo Botaniczne oddział w Bydgoszczy: 12–25.
- Korczyński M., Krasicka-Korczyńska E., 2011. Rozprzestrzenianie się *Ambrosia psilostachya* DC. na terenie miasta Bydgoszczy. Ekologia i Technika XIX, 3A: 182–186.
- Misiewicz J., Krasicka-Korczyńska E., 1996. Ekologia ekspansywnych chwastów segetalnych. Zesz. Nauk. 196, Rol., ATR w Bydgoszczy, 38: 9–15.
- Matuszkiewicz W., 2005. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Pągowska E.J., Lipa J., 2008. Dobrowolne kodeksy dobrej praktyki jako środki ograniczające rozprzestrzenianie się obcych gatunków inwazyjnych i kwarantannowych. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48(1): 47–51.
- Reichard S.H., White P., 2001. Horticulture as a Pathway of Invasive Plant Introductions in the United States. BioScience, 51(2): 103–113.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 sierpnia 2003 r. w sprawie wymaganego zakresu projektu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Dz.U. 2003 nr 164 poz. 1587.
- Rutkowski L., 2004. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Souza L., Weltzin J.F., Sanders N.J., 2010. Differential effects of two dominant plant species on community structure and invasibility in an old-field ecosystem. J. Plant Ecol., 17: 1–9.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Bydgoszczy. 2009. Część I. Uwarunkowania rozwoju. Miejska Pracownia Urbanistyczna w Bydgoszczy.
- Sudnik-Wójcikowska B., 1987. Flora miasta Warszawy i jej przemiany w ciągu XIX i XX wieku. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. Cz. 1.
- Święs F., Kwiatkowska-Farbis M., 1998. Roślinność synantropijna miasta Łukowa. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
- Weber E., Jakobs G., 2005. Biological flora of central Europe: *Solidago gigantea* Aiton. Flora, 200: 109–118.

- Weidenhamer J.D., Callaway R.M., 2010. Direct and Indirect Effects of Invasive Plants on Soil Chemistry and Ecosystem Function. *J. Chem. Ecol.*, 36: 59–69.
- Witosławski P., 2006. Atlas of distribution of vascular plants in Łódź. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Zarzycki K., Trzcńska-Tacik H., Różański W., Szelaż Z., Wołek J., Korzeniak U., 2002. Ekologiczne listy wskaźnikowe roślin naczyniowych. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków.

***SOLIDAGO* IN THE URBANIZED AREA CITY OF BYDGOSZCZ**

S u m m a r y

Solidago North American species are widely used in greenery where from are settling adjacent areas. On the basis of phytosociological documentation from Bydgoszcz it was determined, that into most often patches they have a little abundance. Goldenrods prefer settlements of tall synanthropic perennial communities. They are most often met in areas determined in the land-use planning as a uncultivated greenery. Increasing areas with the concrete function surfaces of habitats suitable for *Solidago* decreasing.

KEY WORDS: *Solidago*, habitats, uncultivated greenery, Bydgoszcz

**Tadeusz Korniak, Czesław Hołdyński,
Katarzyna Wąsowicz, Justyna Świączkowska**

**AMERYKAŃSKIE GATUNKI Z RODZAJU *SOLIDAGO*
W PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ POLSCE**

**AMERICAN SPECIES OF THE GENUS *SOLIDAGO*
IN NORTH-EASTERN POLAND**

*Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Department of Botany and Nature Protection, University of Warmia and Mazury
in Olsztyn*

W pracy przedstawiono występowanie *Solidago canadensis* L. i *S. gigantea* Aiton w północno-wschodniej części Polski. Badania terenowe prowadzono w latach 2003–2009, w 9 następujących miastach: Starogard Gdański, Orneta, Iława, Lidzbark Warmiński, Olsztyn, Mława, Ostrołęka, Olecko i Suwałki (rys. 1). W każdym z badanych miast były obecne oba analizowane gatunki nawłoci. Zdecydowanie dominującym gatunkiem była *S. canadensis*. Na łączną liczbę 1030 stanowisk aż 82% należało do tego gatunku. Większość skupień nawłoci nie przekraczała 100 m² powierzchni. Zdarzały się jednak płyty *S. canadensis* o powierzchni około 5000 m² i *S. gigantea* o powierzchni około 1000 m².

Oba analizowane taksony notowano na siedliskach o amplitudzie hemerobii w zakresie siedmiu stopni: od H3 do H9 (przy zastosowaniu 9-stopniowej skali Kowarika (1988)). Wyrażna większość stanowisk *S. canadensis* posiada charakter szeroko pojmowanej euhemerobii (H5 – H7). Podobną prawidłowość występowania wykazuje również *S. gigantea*, jednak z nieco większą tendencją do zajmowania siedlisk o charakterze mezohemerobowym (H4).

Obserwacje z ostatnich lat pokazują rosnące tempo rozprzestrzeniania się obu inwazyjnych gatunków, pochodzących z Ameryki Północnej.

SŁOWA KLUCZOWE: *Solidago canadensis* L., *Solidago gigantea* Aiton, Polska północno-wschodnia, gatunki inwazyjne, hemerobia siedlisk

WSTĘP

Wśród stosunkowo licznej grupy roślin obcego pochodzenia, które są jednocześnie organizmami inwazyjnymi, wyróżniają się w Polsce gatunki z rodzaju *Solidago* L. Przybyły one do naszego kraju w połowie XIX w. z Ameryki Północnej (Tokarska-Guzik 2005). Podobnie jak w innych krajach europejskich wprowadzono je najpierw do ogrodów jako rośliny ozdobne bądź też cenione w pszczelnictwie. Z upływem czasu rozpoczęły one rozprzestrzenianie się, w formie dziedziczącej, na siedliska antropogeniczne, a następnie półnaturalne i naturalne. Proces ekspansji tych roślin ciągle się nasila, a obecnie są one jednymi z najbardziej inwazyjnych gatunków na znacznych obszarach Europy (Guzikowa, Maycock 1986, Weber 2001, Tokarska-Guzik 2005).

Celem pracy jest stwierdzenie, które gatunki z rodzaju *Solidago* są obecne w północno-wschodniej Polsce, a także określenie częstości ich występowania. Przedstawiono również charakter zajmowanych siedlisk przez badane taksony, poprzez określenie ich stopnia hemerobii.

MATERIAŁ I METODY

Spośród wielu różnych ujęć systematycznych gatunków z rodzaju *Solidago*, które występują w Europie Środkowej, w tym także na obszarze naszego kraju, jakie znajdujemy w literaturze (np.: Szafer i wsp. 1953, Rostański 1971, Garcke 1972, Wagenitz 1979, Scholtz 1993, Mirek i wsp. 2002, Rutkowski 2004) – przyjęto ich zróżnicowanie na podstawie „Krytycznej listy roślin naczyniowych Polski” (Mirek i wsp. 2002).

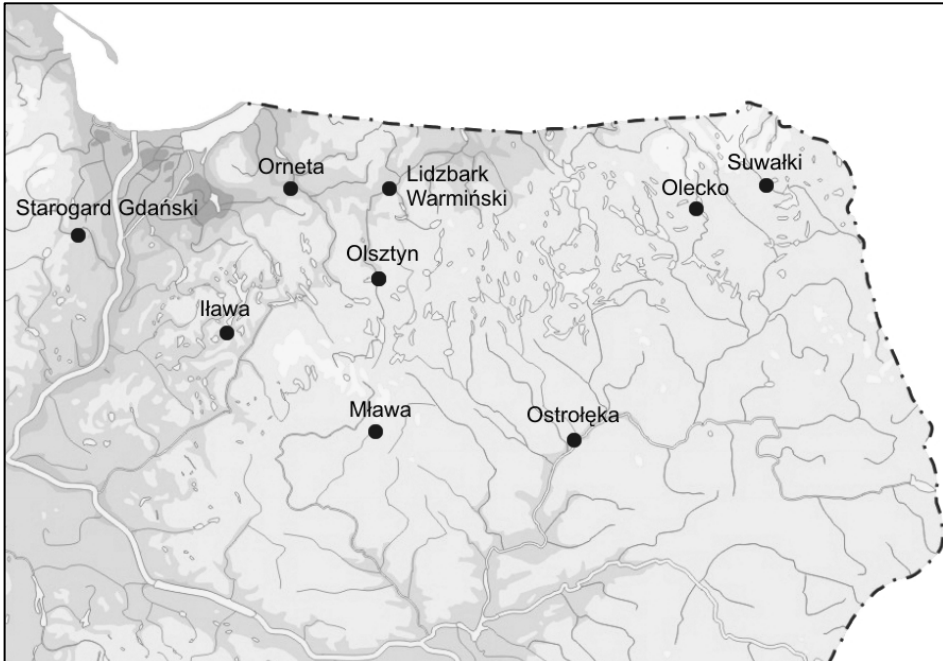
Badania terenowe prowadzono w 9 wybranych miastach w północno-wschodniej części Polski (rys. 1), w latach 2003–2009. Część wyników badań pochodzi z prac doktorskich E. Pieczyńskiej (2006) i B. Tomaszewskiego (2010), a także z prac magisterskich wykonywanych w Katedrze Botaniki i Ochrony Przyrody Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie oraz w Katedrze Wychowania Fizycznego i Ochrony Środowiska Wszechnicy Mazurskiej w Olecku (Tomaszewska 2003, Bloch 2004, Junko 2004, Perkowski 2004, Walczak 2004, Zych 2004, Rabka 2009, Skibicki 2009).

Przy określaniu stopnia hemerobii, które obrazują natężenie czynników antropogenicznych, a także stan i stopień przekształcenia siedlisk i występującej na nich roślinności, przyjęto 9-stopniową skalę Kowarika (Kowarik 1988, Jackowiak 1998), gdzie H1 – określa stopień oligohemerobowy (niewielki wpływ czynników antropogenicznych, a roślinność ma charakter naturalny), a H9 – stopień polyhemerobowy (ciągły i bardzo silny wpływ człowieka, siedliska najbardziej przekształcone).

WYNIKI I OMÓWIENIE

Badaniami terenowymi objęto 9 miast, położonych na obszarze północno-wschodniej Polski. Są to: Starogard Gdański, Orneta, Iława, Lidzbark Warmiński, Olsztyn, Mława, Ostrołęka, Olecko i Suwałki (rys. 1). W każdym z badanych miast stwierdzono występo-

wanie dwóch gatunków nawłoci: nawłóć kanadyjska – *Solidago canadensis* L. i nawłóć późna – *S. gigantea* Aiton (= *S. serotina* Aiton). Zdecydowanie dominującym gatunkiem była *S. canadensis*. Tylko w jednym mieście, tj. w Ornecie było więcej stanowisk *S. gigantea* (tab. 1). Na łączną liczbę 1033 stwierdzonych stanowisk aż 82% należało do *S. canadensis* (rys. 2). Tak znaczna przewaga występowania *S. canadensis* w północno-wschodniej Polsce zasługuje na szczególną uwagę, bowiem na przeważającej części naszego kraju dominuje *S. gigantea* (Guzikowa, Maycock 1986, Zajac, Zajac 2001, Tokarska-Guzik 2005).



Rys. 1. Badane miasta na obszarze północno-wschodniej części Polski
Fig. 1. Cities and towns of north-eastern Poland, analyzed in the study

Na większości stanowisk notowano stosunkowo niewielkie skupienia nawłoci, o powierzchniach nieprzekraczających 100 m². Większe łany, o powierzchni powyżej 100 m² zanotowano na 87 stanowiskach *S. canadensis* (10,0%) i na 10 stanowiskach z obecnością *S. gigantea* (5,4%). Największe zwarte skupienia *S. canadensis* osiągały powierzchnię około 5000 m², a *S. gigantea* około 1000 m². W ostatnich latach coraz częściej obserwowano powstawanie większych płatów *S. canadensis* na odlegujących polach gruntów porolnych, które znalazły się w granicach administracyjnych badanych miast. Podobne procesy zaobserwowano też w granicach Wrocławia i Oławy, a Rola, Rola (2010) uważają nawet, że występowanie gatunków z rodzaju *Solidago* na polu może być wskaźnikiem do zakwalifikowania takiej powierzchni do kategorii odłogu, co wydaje się być słusznym spostrzeżeniem.

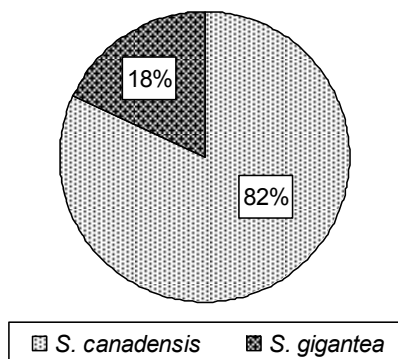
Tabela 1

Table 1

Liczba stanowisk *Solidago canadensis* i *S. gigantea* w badanych miastach północno-wschodniej części Polski

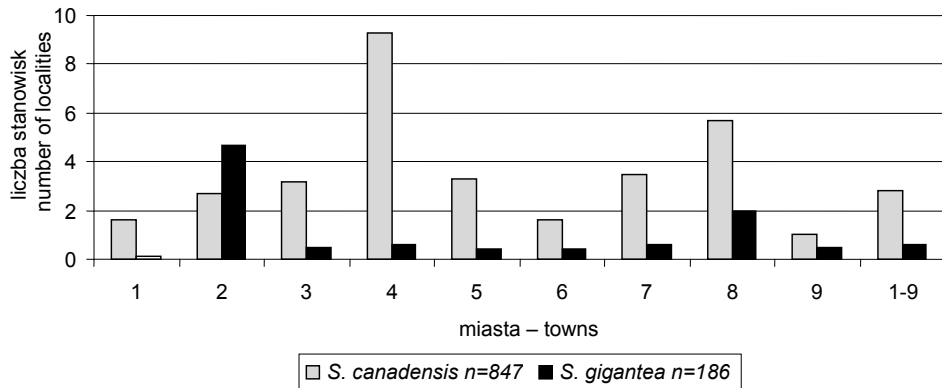
Number of *Solidago canadensis* and *S. gigantea* localities in the analyzed cities and towns of north-eastern Poland

Lp. No.	Miasto Town	Liczba stanowisk Number of localities	
		<i>S. canadensis</i>	<i>S. gigantea</i>
1.	Starogard Gd.	40	2
2.	Orneta	26	45
3.	Ława	70	10
4.	Lidzbark Warm.	133	8
5.	Olsztyn	291	35
6.	Mława	56	16
7.	Ostrołęka	102	16
8.	Olecko	66	23
9.	Suwałki	63	31
Razem – Total		847	186



Rys. 2. Procentowy udział stanowisk *Solidago canadensis* i *S. gigantea* w badanych miastach
Fig. 2. Percentage share of *Solidago canadensis* and *S. gigantea* localities in the analyzed cities and towns

W tabeli 1 przedstawiono liczbę stanowisk obu analizowanych gatunków, w poszczególnych miastach. Jednak takie zestawienie nie musi ukazywać faktycznego stanu różnic częstości występowania tych taksonów na badanych obszarach. Lepszym miernikiem w tym zakresie może być liczba stanowisk przypadających na 1 km² poszczególnych aglomeracji miejskich, co przedstawiono na rysunku 3. Pod tym względem widać również wyraźne różnice – od 1 stanowiska w Suwałkach do 9,3 w Lidzbarku Warmińskim (średnio 2,8) w odniesieniu do *S. canadensis* oraz od 0,1 stanowiska *S. gigantea* w Starogardzie Gdańskim do 4,7 w Ornecie (średnio 0,6).

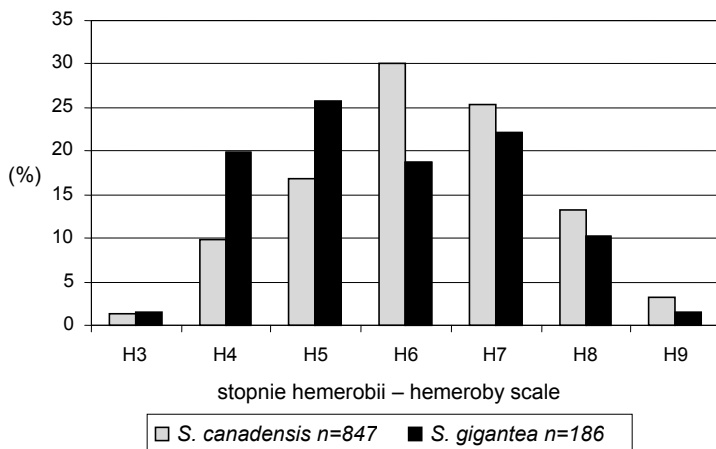


1 – Starogard Gd., 2 – Orneta, 3 – Hława, 4 – Lidzbark Warmiński, 5 – Olsztyn, 6 – Mława, 7 – Ostrołęka, 8 – Olecko, 9 – Suwałki

Rys. 3. Liczba stanowisk *Solidago canadensis* i *S. gigantea* przypadająca na 1 km² powierzchni badanych miast

Fig. 3. Number of *Solidago canadensis* and *S. gigantea* localities per km² of city/town area

Ustalając charakter siedlisk zajmowanych przez omawiane taksony na terenie badanych miast, zwrócono szczególną uwagę na poziom ich przekształcenia. Zastosowanie stopni hemerobii (Kowarik 1988) umożliwiło ustalenie, do jakiego rodzaju natężenia czynników antropogenicznych przystosowały się w północno-wschodniej Polsce te obce gatunki, a także jak daleko opanowały one siedliska o charakterze zbliżonym do naturalnego. Oba analizowane taksony notowano na siedliskach o amplitudzie hemerobii w zakresie siedmiu stopni: od H3 do H9 (rys. 4). Nie stwierdzono występowania stopni oligohemerobowych, tj. H1 i H2, co wiąże się z brakiem odpowiednich siedlisk o charakterze naturalnym, w granicach administracyjnych badanych miast. W odniesieniu do *S. canadensis* najliczniejszą grupę (31,1%) stanowią stanowiska o stopniu hemerobii H6, a w odniesieniu do *S. gigantea* o stopniu H5 (25,8%). Zdecydowana większość stanowisk *S. canadensis* mieści się w zakresie szeroko pojmowanym stopniu euhemerobowym (H5 – H7), tj. podlegają silnemu wpływowi człowieka, wyrażonemu w wyraźnych zmianach podłoża i roślinności. Bardzo zbliżoną prawidłowość występowania obserwujemy również u *S. gigantea*, jednak z nieco większą tendencją do zajmowania siedlisk o charakterze mezohemerobowym (H4). Podobną preferencję w odniesieniu do siedlisk, u obu gatunków, stwierdził już wcześniej Jackowiak (1993) na terenie Poznania. Zdecydowanie najmniej liczne grupy stanowią stanowiska skrajne: o stopniu H3, tj. wyrażającym się stosunkowo niewielkim wpływem czynników antropogenicznych, a także o stopniu H9, które są najsilniej przekształcone przez człowieka. Zauważono jednak, że w ostatnich latach rośnie liczba stanowisk na wspomnianych powyżej siedliskach skrajnych. Na badanym obszarze *S. canadensis* i *S. gigantea* występują najczęściej jako współdominanty w wielu płatach roślinności, które należą do różnych zbiorowisk synantropijnych. W niektórych przypadkach tworzą one już samodzielne zbiorowiska, o charakterze zespołów, jakie opisuje np. Świąś (1995). Nie prowadzono jednak bardziej szczegółowych badań w tym zakresie.



Rys. 4. Procentowy udział w stopniach hemerobii stanowisk *Solidago canadensis* i *S. gigantea*
 Fig. 4. Percentage share of *Solidago canadensis* and *S. gigantea* localities according to the hemeroby scale

WNIOSKI

1. W północno-wschodniej części Polski występują dwa inwazyjne gatunki z rodzaju *Solidago* pochodzące z Ameryki Północnej: *S. canadensis* L. i *S. gigantea* Aiton.
2. Podczas gdy na większości obszarów Polski przeważa *S. gigantea*, to na badanym terenie zdecydowanie częstszym gatunkiem jest *S. canadensis*.
3. *S. canadensis* i *S. gigantea* notowano na siedliskach o amplitudzie hemerobii w zakresie siedmiu stopni: H3 – H9. Jednak największe przywiązanie, oba gatunki nawłoci, wykazują do siedlisk euhemerobowych.
4. W całym okresie badań obserwowano zwiększenie liczby stanowisk na siedliskach skrajnych, tj. o niewielkim wpływie czynników antropogenicznych (H3) i na siedliskach najsilniej przekształconych przez człowieka (H9).
5. Obserwacje z ostatnich lat pokazują rosnące tempo rozprzestrzeniania się obu inwazyjnych gatunków.

PIŚMIENNICTWO

- Bloch A., 2004. Występowanie północnoamerykańskich gatunków z rodzaju *Solidago* L. (nawłóć) na terenie miasta Mława (msk. pracy magisterskiej).
- Garcke A., 1972. Illustrierte Flora. Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Guzikowa M., Maycock P.F., 1986. The invasion and expansion of three North American species of goldenrod. Acta Soc. Bot. Pol., 55 (3): 362–384.

- Kowarik I., 1988. Zum menschlichen Einfluss auf Flora und Vegetation. Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West). Landschaftsentwicklung und Umweltforschung TU Berlin, 56: 1–280.
- Jackowiak B., 1993. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Poznaniu. Prace Zakładu Taksonomii Roślin UAM w Poznaniu, 2: 1–409, Poznań.
- Jackowiak B., 1998. Struktura przestrzenna flory dużego miasta. Studium metodyczno-problemowe. Prace Zakładu Taksonomii Roślin UAM w Poznaniu, 8 Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 1–228.
- Junko A.M., 2004. Występowanie północnoamerykańskich gatunków z rodzaju *Solidago* L. (nawłóć) na terenie miasta Ornety (msk. pracy magisterskiej).
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland – a checklist, [in:] Z. Mirek (red.) Biodiversity of Poland 1: 1–442, [in:] Szafer Institute of Botany Polish Academy of Sciences, Kraków.
- Perkowski Z., 2004. Występowanie gatunków z rodzaju nawłóć (*Solidago* L.) w mieście Suwałki (msk. pracy magisterskiej).
- Pieczynska E., 2006. Występowanie i zmienność północnoamerykańskich taksonów z rodzaju *Solidago* L. na terenie Olsztyna (msk. pracy doktorskiej).
- Rabka M., 2009. Występowanie północnoamerykańskich gatunków z rodzaju *Solidago* L. (nawłóć) na terenie Starogardu Gdańskiego (msk. pracy magisterskiej).
- Rola J., Rola H., 2010. *Solidago* ssp. biowskaźnikiem występowania odłogów na gruntach rolnych. *Fragm. Agron.*, 27 (3): 122–131.
- Rostański K., 1971. *Solidago* L., [w:] B. Pawłowski, A. Jasiewicz (red.). *Flora Polska*, 12: 116–121. PWN, Warszawa–Kraków.
- Rutkowski L., 2004. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Scholtz H., 1993. Eine unbeschriebene antropogene Goldrute (*Solidago*) aus Mitteleuropa. *Flor. Rundbr.*, 27(1): 7–12.
- Skibicki K., 2009. Występowanie północnoamerykańskich taksonów z rodzaju *Solidago* L. na terenie Olecka (msk. pracy magisterskiej).
- Szafer W., Kulczyński S., Pawłowski B., 1953. *Rośliny polskie*. PWN, Warszawa, s. XXXI + 1019.
- Świąć F., 1995. A survey of ruderal vegetation in Poland: phytocoenoses with *Rudbeckia laciniata* L., *Solidago canadensis* L. and *Solidago gigantea* Ait. *Ann Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C*, 44: 235–269.
- Tokarska-Guzik B., 2005. The establishment and spread of alien plants species (kenophytes) in the flora of Poland. *Pr. Nauk. Uniw. Śląskiego w Katowicach* 2372. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- Tomaszewska K., 2003. Występowanie północnoamerykańskich gatunków z rodzaju *Solidago* L. (nawłóć) w Iławie (msk. pracy magisterskiej).
- Tomaszewski B., 2010. Flora roślin naczyniowych biotopów miejskich Olsztyna (msk. pracy doktorskiej).
- Wagenitz G., 1979. *Solidago* Linnaeus, [in:] G. Wagenitz (Hrsg.), G. Hegi. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, 2. Auflag; 6/3 C. Hanser Verl., München: 16–29.
- Walczak M.E., 2004. Występowanie północnoamerykańskich gatunków z rodzaju *Solidago* L. (nawłóć) na terenie Lidzbarka Warmińskiego (msk. pracy magisterskiej).

- Weber E., 2001. Current and potential ranges of exotic goldenrods (*Solidago*) in Europe. *Conservation Biology*, 15(1): 122–128.
- Zajac A., Zajac M. (red.), 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Nakładem Pracowni Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków: s. XII+714.
- Zych I., 2004. Występowanie północnoamerykańskich gatunków z rodzaju *Solidago* L. (nawłóć) na terenie miasta Ostrołęka (msk. pracy magisterskiej).

AMERICAN SPECIES OF THE GENUS *SOLIDAGO* IN NORTH-EASTERN POLAND

Summary

The paper discusses the occurrence of *Solidago canadensis* L. and *S. gigantea* Aiton in north-eastern Poland. Field investigations were carried out in 2003–2009, in the following nine Polish cities and towns: Starogard Gdański, Orneta, Iława, Lidzbark Warmiński, Olsztyn, Mława, Ostrołęka, Olecko and Suwałki (Fig. 1). Both goldenrod species were found in each of the studied locations. *S. canadensis* was the predominant species, encountered in 82% of the 1030 analyzed localities. The majority of goldenrod communities covered an area of up to 100 m², but some phytocenoses of *S. canadensis* and *S. gigantea* had an area of approximately 5,000 m² and 1,000 m², respectively.

Both taxa were reported from habitats with hemeroby ranging from H3 to H9 on the nine-degree hemeroby scale proposed by Kowarik (1988). Most localities of *S. canadensis* were classified as euhemerobic (H5 – H7). A similar trend was also noted for *S. gigantea*, but this species tended to occupy mesohemerobic (H4) habitats.

Both invasive goldenrod species, native to North America, have been spreading across Poland in recent years.

KEY WORDS: *Solidago canadensis* L., *Solidago gigantea* Aiton, north-eastern Poland, invasive species, hemeroby

**Katarzyna Pużyńska, Agnieszka Stokłosa,
Ewa Stupnicka-Rodzinkiewicz**

**WPLYW WARUNKÓW EKOLOGICZNYCH
NA WYSTĘPOWANIE *SOLIDAGO SP.*
THE IMPACT OF ECOLOGICAL CONDITIONS
ON *SOLIDAGO SP.* OCCURRENCE**

*Katedra Agrotechniki i Ekologii Rolniczej, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja
w Krakowie*

Department of Agrotechnology and Agricultural Ecology, University of Agriculture, Kraków

Celem podjętych badań była charakterystyka warunków ekologicznych różnych siedlisk, w których stwierdzono występowanie *Solidago sp.*

Badania przeprowadzono w różnych terminach sezonów wegetacyjnych lat 2009–2011, na wybranych stanowiskach badawczych województwa małopolskiego: Kopanka i Ochodza (k. Skawiny) oraz Mydlniki (k. Krakowa), na których stwierdzono występowanie *Solidago sp.* W 2009 r. w Kopance były wykonane zdjęcia fitosocjologiczne na odłogu i na polu z pszenicą ozimą, które wykorzystano do porównania składu zbiorowisk, w których występuje nawłóć. W ostatnim roku badań z 11 badanych stanowisk pobrano próbki z wierzchniej warstwy gleby lub nadkładu zredukowanego popielnika i poddano analizie zasobności w składniki pokarmowe. W całym okresie badań określano wybrane cechy spotykanych roślin nawłoci.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że inwazyjne gatunki nawłoci występują w siedliskach o zróżnicowanym sposobie użytkowania (odłogi, składowiska popiołów, użytki zielone, zaniedbane pola uprawne). *Solidago sp.* ma szeroki zakres tolerancji na właściwości chemiczne podłoża takie jak odczyn, zawartość składników mineralnych, materii organicznej i azotu ogólnego. Najliczniej nawłóć występuje i osiąga największe rozmiary na terenach nie uprawianych rolniczo, jak np. wieloletnie odłogi i popielniki, jednak pojedyncze nieprzerastające łanu rośliny spotykane są też na polach uprawnych niezbyt intensywnie pielęgnowanych, gdzie zanim zostaną zniszczone przez zabiegi uprawowe, mogą konkurować z rośliną uprawną.

SŁOWA KLUCZOWE: nawłóć, warunki ekologiczne, odłogi, gatunki inwazyjne

Do cytowania – For citation: Pużyńska K., Stokłosa A., Stupnicka-Rodzinkiewicz E., 2012. Wpływ warunków ekologicznych na występowanie *Solidago sp.* Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 89–98.

WSTĘP

Rodzaj *Solidago* L. ma zasięg euroazjatycko-północnoamerykański i obejmuje około 120 gatunków. Centrum jego występowania jest Ameryka Północna (Szymura, Wolski 2006). Od połowy XIX w. obserwuje się intensywne rozprzestrzenianie na terenie Europy Centralnej trzech gatunków z rodzaju *Solidago*: *S. gigantea*, *S. canadensis* i *S. graminifolia*, a szczególnie dwóch pierwszych. Na terenie Polski, według Rostańskiego (1971), rodzaj *Solidago* reprezentowany jest głównie przez cztery gatunki: *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *S. graminifolia* i *S. virgaurea*. Od wielu lat występują one jako rośliny ruderalne na obrzeżach lasów, zarośli, rowów, przydrożach, na rumowiskach i nieużytkach (Rola, Rola 2010). Zdaniem Webera (1998) obecny zasięg *S. gigantea* i *S. canadensis* ustalił się w połowie lat pięćdziesiątych XX w. Tokarska-Guzik (2005) zalicza *Solidago* sp. do gatunków polskich kenofitów jako przedstawiciela roślin inwazyjnych. Współczesne obserwacje nieużytków oraz pól objętych uprawą świadczą o dalszej ekspansji tych gatunków. Nawłocie zajmują przede wszystkim siedliska ruderalne, jednak rozległe kępy mogą też tworzyć się w dolinach rzecznych i na odłogach (Meiners i wsp. 2001).

Celem podjętych badań jest charakterystyka warunków ekologicznych różnych siedlisk, w których stwierdzono występowanie *Solidago* sp.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w różnych terminach sezonów wegetacyjnych lat 2009–2011, na wybranych stanowiskach badawczych województwa małopolskiego, administracyjnie należących do trzech miejscowości: Kopanka i Ochodza (k. Skawiny) oraz Mydlniki (k. Krakowa), na których stwierdzono występowanie *Solidago* sp. W rejonie tym występują głównie drobne gospodarstwa indywidualne, charakteryzujące się niskim poziomem chemizacji, małą powierzchnią pól i niskim poziomem plonowania.

Stanowiska badawcze wybrano pod względem zróżnicowania warunków siedliskowych, wynikających ze sposobu użytkowania terenu: obiekty w Kopance to nowe i zrekultywowane składowisko popiołów z elektrociepłowni w Skawinie oraz wieloletni odłóg, a także położone w pobliżu pola z pszenicą ozimą, owsem i mieszanką pszenicy ozimej z jęczmieniem ozimym; obiekt w sąsiadującej ze składowiskiem popiołów Ochodzy – pole z jęczmieniem ozimym (pielęgnowane chemicznie w fazie strzelania w źdźbło); obiekty w Mydlnikach – stanowiska (znajdujące się w niedalekiej odległości od odłogu) z uprawą orkisz ozimego oraz mieszanki owsa z wyką siewną (w których nie stosuje się środków syntetyzowanych sztucznie), a także użytek zielony – łąka kośna.

W 2009 r. w Kopance były wykonane zdjęcia fitosocjologiczne przez Barabasz-Krasny na odłogu w fazie kwitnienia nawłoci i przez Trzcinańską-Tacik na polu z pszenicą ozimą w fazie dojrzałości woskowej. Zdjęcia te wykorzystano do porównania składu zbiorowisk, w których występuje nawłoc.

W ostatnim roku badań z 11 badanych stanowisk pobrano próbki z wierzchniej warstwy gleby lub nadkładu zrekultywowanego popielnika (z warstwy 0–20 cm) i poddano analizie zasobności w składniki pokarmowe.

W całym okresie badań określano wybrane cechy spotykanych roślin nawłoci (liczbę roślin na 1 m², wysokość i świeżą masę). Wyniki tych pomiarów opracowano statystycznie, wyliczając odchylenie standardowe od średnich z minimum 4 powtórzeń. Przynależność gatunkową osobników *Solidago sp.* ustalono według Rutkowskiego (2006).

WYNIKI I OMÓWIENIE

Rozpowszechnianie kenofitów w naturalnych i półnaturalnych zbiorowiskach roślinnych jest poważnym problemem zagrażającym gatunkom rodzimym i wpływającym na strukturę oraz dynamikę ekosystemów. Rośliny obcego pochodzenia silnie konkurencyjnie, wnikając do zbiorowisk roślinnych, mogą wypierać gatunki rodzime, przez co stanowią zagrożenie różnorodności biologicznej w skali regionu.

O ekspansji i przewadze biologicznej inwazyjnych gatunków nawłoci decydują wysoka zdolność konkurencyjna – przewaga fizyczna i chemiczna, efektywność reprodukcji generatywnej oraz wiatrosiewność. Przy swym masowym występowaniu rośliny te są uważane za uciążliwe chwasty na pastwiskach, polach uprawnych (zwłaszcza w Kanadzie), nieużytkach i wzdłuż ciągów komunikacyjnych (Guzikowa, Maycock 1993).

Jednym z mechanizmów tłumaczących sukces inwazyjny nawłoci jest produkcja i uwalnianie do środowiska glebowego substancji o właściwościach allelopatycznych, wywierających inhibicyjny wpływ na rodzimą roślinność (Sekutowski i wsp. 2011).

W skali całego kraju najczęściej występującym taksonem z rodzaju *Solidago*, jak donosi Woźniak i wsp. (2005), jest *S. canadensis*. Natomiast obserwacje własne przeprowadzone łącznie na jedenastu siedliskach w różnych terminach w latach 2009–2011 wskazują, że najczęściej spotykanym gatunkiem nawłoci była *Solidago gigantea sp. serotina*, rzadziej występowała *S. canadensis* oraz *S. altissima*. Wyniki badań własnych są zgodne z wynikami obserwacji prowadzonych w południowo-zachodniej Polsce (Szymura, Wolski 2006, Szymura 2012), gdzie większość stanowisk opanowała populacja *S. gigantea*. Natomiast *S. canadensis* występuje relatywnie rzadziej, jednak jej populacje zajmują duże powierzchnie i tworzą zwykle zwarte łany, wypierając inne gatunki roślin. Zdaniem ww. autorów liczba stwierdzonych populacji poszczególnych gatunków nawłoci ma także związek z zagospodarowaniem rolniczym danego regionu kraju i liczbą odłogów, gdyż *S. canadensis* najczęściej występuje na siedliskach antropogenicznych.

Podczas obserwacji własnych prowadzonych wiosną 2009 r. stwierdzono liczne występowanie nawłoci na stanowiskach w Kopance k. Skawiny na odłogu (47 szt.·m⁻²) i mniej liczne (13 szt.·m⁻²) na popielnikach. Masa części podziemnych jednej rośliny w warstwie 0–30 cm wynosiła wtedy od 7 g na popielniku zrehabilitowanym do 11,5–13,5 g na odłogu i popielniku nowym. W czerwcu 2009 r. stwierdzono występowanie nawłoci na polu uprawnym z pszenicą ozimą, położonym w pobliżu wcześniej znalezionych stanowisk (średnio 38 szt.·m⁻²), ale rośliny te były niższe aniżeli występujące na popielnikach. Ponowne obserwacje w lipcu pozwoliły stwierdzić, że mimo iż na odłogu liczba roślin nawłoci na jednostce powierzchni była największa, to jednak różnice w wysokości roślin i ich masie nie były już tak duże (tab. 1).

Zdjęcia fitosocjologiczne autorstwa Barabasz-Krasnej wykonane w 2009 r. na odłogu i Trzcіńskiej-Tacik na polu uprawnym z pszenicą ozimą pozwoliły wyróżnić 10 gatunków wspólnych dla obu siedlisk, w tym *Solidago gigantea sp. serotina*, występującą na polu

z pszenicą w 3. stopniu w skali Braun-Blanqueta (tab. 2). Łączne pokrycie powierzchni przez chwasty na tym polu wynosiło 70%, a pokrycie powierzchni przez pszenicę 65%. Wyniki tych obserwacji świadczą o tym, że nawłóć, podobnie jak i inne gatunki typowe dla nieużytków, może przenosić się na pola uprawne i konkurować z rośliną uprawną, jeżeli nie stanowi ona zwartej łąki i nie jest intensywnie odchwaszczana.

Po zbiorze pszenicy pole zaorano, a w 2010 r. zaniechano na nim uprawy. Obserwacje przeprowadzone w lecie wykazały, że na tym polu nadal występowała nawłóć, przy czym średnia liczba roślin na jednostce powierzchni była mniejsza niż na odłogu, ale ich wysokość nie różniła się znacznie (rys. 1). Obliczone odchylenia standardowe dla średniej wysokości i liczby roślin *Solidago sp.* na obiektach w Kopance świadczą o większym wyrównaniu pod względem badanych cech populacji nawłoci rosnącej na polu po pszenicy ozimej, w porównaniu z populacją na odłogu, jakkolwiek na odłogu była ona wyższa i liczniejsza (rys. 1).

Tabela 1

Table 1

Charakterystyka nawłoci (*Solidago sp.*) w wybranych siedliskach i terminach badań
Characteristic of goldenrods (*Solidago sp.*) collected from selected habitats in different terms

Stanowisko badawcze Habitat	Liczba roślin (szt. · m ²) Mean number of plants (pcs. · m ²)	Wysokość roślin (cm) Height of the plants	Świeża masa części nadziemnej lub kłącza jednej rośliny (g) Fresh weight of aboveground parts or rhizome per plant
Kwiecień – April 2009			
Odłóg – Kopanka Fallow – Kopanka	47		11,5*
Popielnik zrehabilitowany Reclaimed ash dump	13		7*
Popielnik nowy New ash dump	13		13,5*
Czerwiec – June 2009			
Pszenica ozima – Kopanka Winter wheat – Kopanka	38	50,5	3,4
Popielnik zrehabilitowany Reclaimed ash dump	13	106,0	11,5
Popielnik nowy New ash dump	69	100,0	3,5
Lipiec – July 2009			
Odłóg – Kopanka Fallow – Kopanka	176	95,4	14,6
Pszenica ozima – Kopanka Winter wheat – Kopanka	19	69,4	10,5
Popielnik zrehabilitowany Reclaimed ash dump	46	91,5	12,2
Popielnik nowy New ash dump	42	119,5	47,2

Tabela 2

Table 2

Flora występująca na odłogu i polu uprawnym z pszenicą ozimą w 2009 w Kopance
Flora on fallow and winter wheat field in 2009 at Kopanka

Lp. No.	Gatunki Species	Wspólne dla – common for		Występujące tylko na polu uprawnym ²⁾ Occuring just in the crop field
		odłogu ¹⁾ fallow	polu uprawnego ²⁾ crop field	
1.	<i>Solidago gigantea sp. serotina</i>	4*	3	
2.	<i>Tanacetum vulgare</i>	3	1	
3.	<i>Cirsium arvense</i>	1	2	
4.	<i>Agrostis capillaris</i>	2	1	
5.	<i>Artemisia vulgaris</i>	+	+	
6.	<i>Setaria glauca</i>	+	+	
7.	<i>Elymus repens</i>	+	2	
8.	<i>Achillea millefolium</i>	+	+	
9.	<i>Euphorbia esula</i>	+	1	
10.	<i>Oxalis stricta</i>	+	+	
11.	<i>Avena fatua</i>			3
12.	<i>Polygonum lapathifolium</i>			2
13.	<i>Tripleurospermum inodorum</i>			1
14.	<i>Fallopia convolvulus</i>			1
15.	<i>Stachys palustris</i>			1
16.	<i>Polygonum persicaria</i>			1
17.	<i>Chenopodium polyspermum</i>			1
18.	<i>Chenopodium album</i>			+
19.	<i>Galeopsis bifida</i>			+
20.	<i>Vicia hirsuta</i>			+
21.	<i>Myosotis arvensis</i>			+
22.	<i>Lapsana communis</i>			+
23.	<i>Spergula arvensis</i>			+
24.	<i>Anagallis arvensis</i>			+

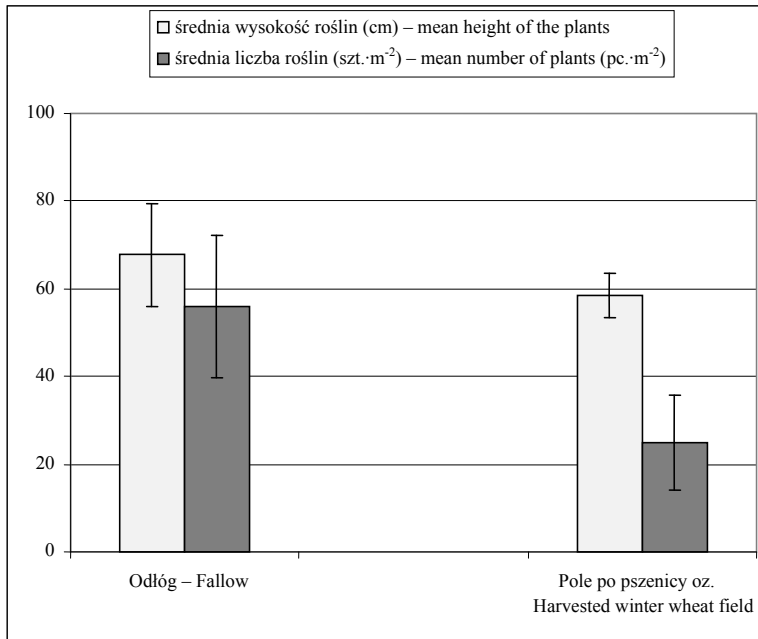
*Skala ilościowości wg Braun-Blanqueta. Nazwy łacińskie gatunków wg Mirka i wsp. (2002).

Opracowano na podstawie zdjęć fitosocjologicznych, wykonanych przez Barabasza-Krasny¹⁾ i Trzecińską-Tacik²⁾.

Abundance scale according to Braun-Blanquet. Latin names of species taken from Mirek et al. (2002).

Phytosociological relevés made by Barabasza-Krasny¹⁾ or Trzecińska-Tacik²⁾.

Rola, Rola (2010), biorąc pod uwagę przeprowadzone badania terenowe, stwierdzili, że powszechne występowanie *Solidago sp.* na odłogowanych polach gruntów porolnych nie stanowi zagrożenia przez ten gatunek dla sąsiednich plantacji roślin uprawnych intensywnie pielęgnowanych. Jednocześnie takson ten może być biowskaźnikiem obecności odłogów na danym terenie, niezależnie od rodzaju gleb. Na podstawie wyników badań własnych można stwierdzić, że na polach na których nie prowadzi się intensywnej gospodarki, nawłóć przenosi się z sąsiednich odłogów i w zbożach o niewystarczająco zwartych łąkach występuje licznie (tab. 2).



Rys. 1. Średnia wysokość (cm) i liczba *Solidago sp.* (szt. m⁻²) w 2010 r. w Kopance.

Wąsy na rys. 1–4 oznaczają odchylenie standardowe

Fig. 1. Mean height (cm) and mean number of *Solidago sp.* (pcs. m⁻²) in 2010 at Kopanka.

Whiskers on Fig. 1–4 refer to standard deviation

Czynnikami wpływającymi na sukces nawłoci w zasiedlaniu nowych terenów jest szeroki zakres tolerancji względem warunków środowiska (typu gleby, wilgotności, zasobności w mikro- i makroelementy oraz inne), a także brak naturalnych patogenów (chorób czy szkodników). W badaniach własnych stanowiska, na których występowała nawłoc, były bardzo zróżnicowane zarówno pod względem odczynu, jak i zawartości składników mineralnych, materii organicznej i azotu ogólnego (tab. 3). *Solidago sp.* występowała zarówno na stanowiskach kwaśnych ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 4\text{--}5$), jak i zasadowych (pH_{KCl} ok. 8). Największą wysokość i masę osiągały rośliny nawłoci na odlógu w Kopance, gdzie gleba miała odczyn kwaśny i najwyższą wśród porównywanych zawartość potasu i magnezu. Podobnie duże rozmiary osiągała nawłoc na popielniku zrehabilitowanym, gdzie podłoże miało odczyn zasadowy i najwyższą zawartość materii organicznej i azotu ogólnego (tab. 3 oraz rys. 2 i 3).

Wyniki pomiarów wysokości i masy roślin nawłoci rosnących na obiektach w Kopance i Mydlnikach świadczą o znacznym zróżnicowaniu osobników pod względem tych cech (rys. 2–3). Największe wartości średniej wysokości roślin, średniej masy części nadziemnej i średniej liczebności osiągały rośliny rosnące na obiektach nie uprawianych mechanicznie (odlóg i popielnik zrehabilitowany w Kopance) oraz na użytku zielonym w Mydlnikach. Stwierdzono również bujniejszy rozwój osobników badanego rodzaju w zbożach jarych niż w oziminach w obydwu miejscowościach.

Z pomiarów średniej liczby roślin nawłoci na jednostce powierzchni przeprowadzonych w 2011 r. wynika, że istotnie mniej licznie występuje ona na polach uprawnych w stosunku do użytku zielonego, odlógu czy popielnika (rys. 4). Ponadto zaobserwowano,

że na paru stanowiskach (nie uwzględnionych na rys. 2–4), na których stwierdzono jej występowanie na wiosnę (np. pole z jęczmieniem ozimym w Ochodzy), przy kolejnej wizytacji w lipcu obecności nawłoci nie stwierdzono. Na polach tych były ślady stosowania herbicydów, z czego można wnioskować, że po ich zastosowaniu nawłoc została zniszczona. Zazwyczaj technologie stosowane przy uprawie roślin nie sprzyjają utrzymywaniu się nawłoci na polach przez dłuższy czas. Jednak w warunkach gospodarki ekstensywnej przy braku właściwej pielęgnacji pól występuje zagrożenie przenoszenia się *Solidago sp.* z terenów nie użytkowanych rolniczo na sąsiadujące pola uprawne.

Tabela 3

Table 3

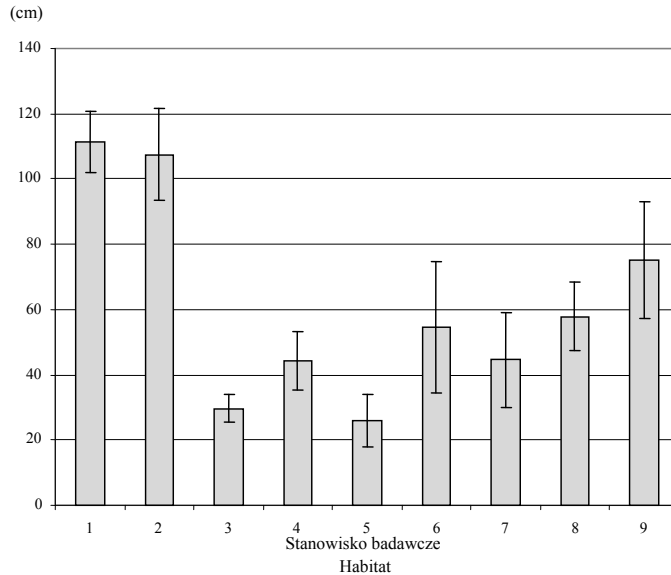
Skład chemiczny, odczyn i stosunek C:N wierzchniej warstwy gleb i podłoża na składowisku popiołów, gdzie występowała nawłoc (*Solidago sp.*)

Chemical composition, pH and C:N ratio of top layer of soil or ground of ash dump

Oznaczenie próbki Sites samples	pH _{KCl}	Zawartość (mg 100 g ⁻¹) Content			Zawartość (%) Content		C:N
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Subst. org. Organic matter	N-og Total N	
Jęczmień oz. + pszenica oz. – Kopanka Field with winter barley + winter wheat – Kopanka	4,82	1,1	11,0	11,3	0,86	0,168	5:1
Odlóg – Kopanka Fallow – Kopanka	4,90	2,3	24,0	14,4	3,42	0,224	15:1
Popielnik nowy New ash dump	8,27	22,8	5,5	9,6	2,25	0,112	20:1
Popielnik zrehabilitowany Reclaimed ash dump	7,80	20,5	13,5	10,8	5,07	0,308	16:1
Pole po pszenicy ozimej – Kopanka Harvested winter wheat field	4,30	1,8	5,5	11,3	2,36	0,154	15:1
Jęczmień oz. – Ochodza Winter barley field – Ochodza	4,20	3,7	4,5	9,6	1,70	0,070	24:1
Orkisz oz. – Mydlniki – gl. kompl. 5 Winter spelt – Mydlniki 5	6,07	21,7	10,3	7,8	1,59	0,112	14:1
Owies+wyka – Mydlniki – gl. kompl. 5 Oats+vetch – Mydlniki 5	5,80	16,9	10,3	7,4	1,59	0,114	14:1
Owies+wyka – Mydlniki – gl. Kompl. 2 Oats+vetch – Mydlniki 2	6,88	15,0	14,8	7,6	2,32	0,133	17:1
Orkisz oz. – Mydlniki – gl. Kompl. 2 Winter spelt – Mydlniki 2	6,69	13,9	16,8	9,8	2,67	0,131	20:1
Użytek zielony – Mydlniki Meadow – Mydlniki	5,18	15,0	14,8	7,6	2,32	0,130	18:1

Liczby 2 i 5 oznaczają kompleksy przydatności rolniczej gleb: 2 – kompleks pszenno-dobry i 5 – kompleks żytni słaby

Numbers 2 and 5 mean agricultural complexes of soil: 2 – wheat good complex and 5 – rye poor complex

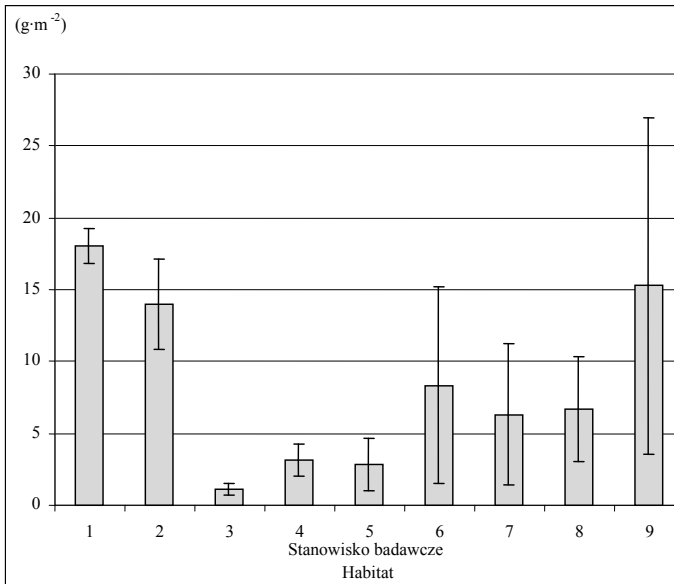


Rys. 2. Średnia wysokość *Solidago sp.* (cm) w 2011 r. Objaśnienia do rys. 2–4:

1. Odłóg – Kopanka, 2. Popielnik zrekultywowany, 3. Jęczmień oz. + pszenica oz. – Kopanka,
4. Owies – Kopanka, 5. Orkisz oz. – Mydlniki – gl. kompl. 5, 6. Owies + wyka – Mydlniki – gl. kompl. 5, 7. Orkisz oz. – Mydlniki – gl. kompl. 2, 8. Owies + wyka – Mydlniki – gl. kompl. 2, 9. Użytek zielony – Mydlniki

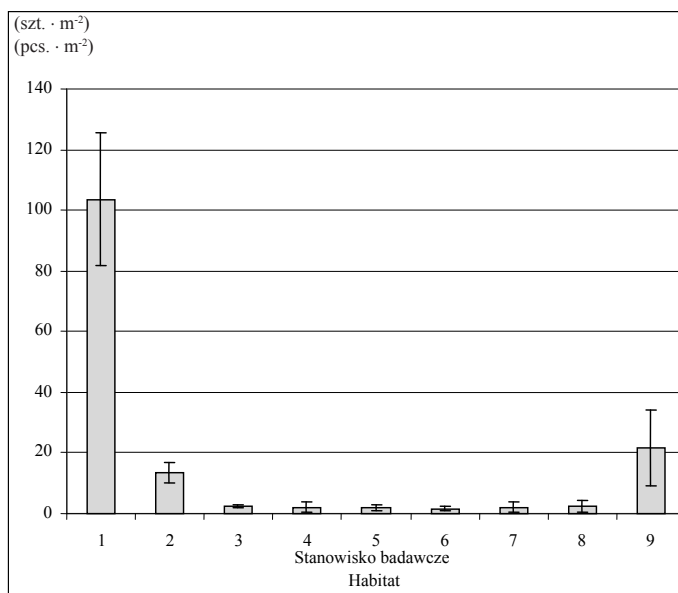
Fig. 2. Mean height of *Solidago sp.* (cm) in 2011. Descriptions of Fig. 2–4:

1. Fallow – Kopanka, 2. Reclaimed ash dump, 3. Winter barley + Winter wheat – Kopanka,
4. Oats – Kopanka, 5. Winter pelt – Mydlniki 5, 6. Oats + vetch – Mydlniki 5, 7. Winter spelt – Mydlniki 2, 8. Oats + vetch – Mydlniki 2, 9. Meadow – Mydlniki



Rys. 3. Średnia świeża masa części nadziemnej *Solidago sp.* (g·m⁻²) w 2011 r.

Fig. 3. Mean fresh matter of aboveground parts of *Solidago sp.* (g·m⁻²) in 2011



Rys. 4. Średnia liczba *Solidago sp.* (szt. m⁻²) w 2011 r.

Fig. 4. Mean number of *Solidago sp.* (pcs. m⁻²) in 2011

WNIOSKI

1. Inwazyjne gatunki nawłoci występują w siedliskach o zróżnicowanym sposobie użytkowania (odłogi, składowiska popiołów, użytki zielone, sąsiadujące z odłogami pola uprawne – niezbyt intensywnie pielęgnowane).

2. *Solidago sp.* ma szeroki zakres tolerancji na właściwości chemiczne podłoża takie jak odczyn, zawartość składników mineralnych, materii organicznej i azotu ogólnego.

3. Najliczniej nawłoc występuje i osiąga największe rozmiary na terenach nie uprawianych rolniczo, takich jak np. wieloletnie odłogi i popielniki, jednak spotykane na polach uprawnych, zazwyczaj niezbyt liczne rośliny *Solidago sp.*, mimo że nie przerastają ładu, mogą, zanim nie zostaną zniszczone przez zabiegi uprawowe, konkurować z rośliną uprawną o wybrane czynniki środowiska.

PIŚMIENNICTWO

- Guzikowa M., Maycock P.F., 1993. Badania porównawcze biologii i ekologii północnoamerykańskich ekspansywnych gatunków nawłoci (*Solidago sp.*). *Wiad. Bot.*, 37(3/4): 221–223.
- Meiners S.J., Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., 2001. Effects of plant invasions on the species richness of abandoned agricultural land. – *Ecography*, 24: 633–644.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland, IB PAN, Kraków.

- Rola J., Rola H., 2010. *Solidago sp.* biowskaźnikiem występowania odłogów na gruntach rolnych. *Fragm. Agron.*, 27(3): 122–131.
- Rostański K., 1971. *Flora Polska. Rośliny Naczyniowe Polski i Ziem Ościennych*. PWN, Warszawa 12: 116–121.
- Rutkowski L., 2006. *Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej*. Wyd. PWN.
- Sekutowski T., Rola J., Rola H., 2011. Biologiczne uwarunkowania *Solidago sp.* do występowania na odłogach. *Mat. konf. Biologia i występowanie Solidago sp. w zbiorowiskach roślinnych na odłogach 7–8. 09.2011, Wrocław – Winna Góra*: 11.
- Szymura M., 2012. Ocena zdolności do rozmnażania generatywnego i wegetatywnego nawłoci występujących w Polsce. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. (w druku)*.
- Szymura M., Wolski K., 2006. Zmiany krajobrazu pod wpływem ekspansywnych bylin północnoamerykańskich z rodzaju *Solidago* L. *Regionalne Studia Ekologiczno-Krajobrazowe Problemy Ekologii Krajobrazu*, t. 16, Warszawa: 451–460.
- Tokarska-Guzik B., 2005. The establishment and spread of alien plant species (Kenophytes) in the flora of Poland. *Wyd. UŚ Katowice*: 146–153.
- Weber E., 1998. The dynamics of plant invasions: a case study of three exotic goldenrod species (*Solidago* L.) in Europe. *J. Biogeogr.*, 25: 147–154.
- Woźniak G., Cohn E., Sierka E., 2005. Biotic (floristic) and abiotic conditions associated with *Solidago Canadensis* occurrence on post-industrial sites (coal mine sedimentation pools) (Upper Silesia, Poland). *Mat. konf. "Ecology and Management of Alien Plants Invasion"*, 5–12 09. 2005, Katowice.

THE IMPACT OF ECOLOGICAL CONDITIONS ON *SOLIDAGO SP.* OCCURRENCE

Summary

The study aimed at characteristic of ecological conditions of different habitats where *Solidago sp.* exists.

The research was carried out in different periods of vegetation in 2009–2011 years in the selected places of Małopolska province: Kopanka and Ochodza (near town Skawina) and Mydlniki (near city Krakow), where *Solidago sp.* has occurred. In 2009 in Kopanka on fallow and winter wheat field a phytosociological relevés were made, for comparison of plant composition. In the last year of research the samples of soil or ground of ash dump were taken from 11 studied sites for chemical analysis. In a whole research period traits of goldenrods, namely plant number per 1 m², their height and fresh mass, were assessed.

The results show, that invasive species of goldenrod occur in habitats with different land use systems i.e. fallows, ash dumps, grasslands and neglected arable fields. *Solidago sp.* has wide range of toleration to chemical properties of soil i. e. soil pH, nutrients content, organic matter and total nitrogen. The most widely goldenrod occurs and reaches the largest plants size in not cultivated areas as fallows and ash dumps but single plants, non overgrowing crop canopy occurs also in not intensively treated arable fields, where until their control could be competitive for the crop.

KEY WORDS: goldenrods, ecological conditions, fallow, invasive plants

**Tomasz R. Sekutowski, Stanisław Włodek, Andrzej Biskupski,
Urszula Sienkiewicz-Cholewa**

**PORÓWNANIE ODŁOGU I SĄSIADUJĄCEGO POLA
UPRAWNEGO POD WZGLĘDEM ZASOBNOŚCI W NASIONA
I ROŚLINY NAWŁOCI (*SOLIDAGO SP.*)**

**COMPARISON OF THE CONTENT OF SEEDS AND PLANTS
OF THE GOLDENROD (*SOLIDAGO SP.*) IN THE FALLOW
AND ADJACENT FIELD**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu

*Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute in Puławy
Department of Weed Science and Tillage Systems in Wrocław*

W badaniach porównywano zasobność odłogu i pola uprawnego będących w bliskim sąsiedztwie w nasiona i rośliny z rodzaju *Solidago*. Ocena dotyczyła składu gatunkowego i procentowego udziału poszczególnych gatunków chwastów w ogólnej liczbie diaspor i roślin w łanie pszenicy ozimej i odłogu oraz w glebowym banku nasion w warstwie 0–20 cm. Analizy porównawczej dokonano przy użyciu wskaźników ekologicznych: ogólnej różnorodności Shannona-Wienera i dominacji Simpsona. W łanie pszenicy ozimej nie stwierdzono występowania gatunków z rodzaju *Solidago* (*S. gigantea* oraz *S. canadensis*) pomimo bliskiego sąsiedztwa odłogu, którego pokrycie tymi taksonami wynosiło ponad 82%. Natomiast w próbkach glebowych pobranych z warstwy 0–20 cm rodzaj *Solidago* stanowił 1,9% (pszenica ozima) oraz 12,8% (odłóg) ogólnej liczby diaspor chwastów. Najwyższy wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera stwierdzono dla glebowego banku nasion pola odłogowanego, przy jednocześnie bardzo niskiej wartości dominacji Simpsona. Natomiast dla „łanu” pola odłogowanego uzyskano wysoką wartość wskaźnika Simpsona, wynikającą z dominacji dwóch gatunków: *S. gigantea* oraz *S. canadensis*. Brak obecności zarówno *S. gigantea* oraz *S. canadensis* w łanie pszenicy ozimej (pomimo obecności ich

Do cytowania – For citation: Sekutowski T.R., Włodek S., Biskupski A., Sienkiewicz-Cholewa U., 2012. Porównanie odłogu i sąsiadującego pola uprawnego pod względem zasobności w nasiona i rośliny nawłoci (*Solidago sp.*). Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 99–112.

nasion w glebie oraz bliskiego sąsiedztwa odłogu zdominowanego przez te dwa gatunki) można tłumaczyć tym, że co roku na polu uprawnym wykonywane były zabiegi agrotechniczne (łącznie ze stosowaniem herbicydów).

SŁOWA KLUCZOWE: nasiona, odłóg, pole uprawne, nawłóć (*Solidago sp.*)

WSTĘP

Zdecydowana większość chwastów rozprzestrzenia się autochorycznie (np. poprzez blastochorię i ballochorię) oraz allochorycznie (np. hydrochorię, anemochorię, zoochorię i antropochorię). Praktycznie większość nasion chwastów po opuszczeniu rośliny maciecznej trafia na powierzchnię gleby, a następnie dzięki różnym procesom jest przemieszczana w głąb profilu glebowego. Dlatego podstawowym źródłem zachwaszczenia są nasiona chwastów znajdujące się na powierzchni gleby oraz w jej profilu (Harper 1977, Grzesiuk, Kulka 1981, Aldrich 1997, Bochenek 1998, 2000, Witkowski 1998). Cała ta pula (rezerwa) diaspor została określona, a następnie zdefiniowana przez Harpera w 1954 r. (cyt. za Aldrich 1997) jako glebowy bank nasion (ang. soil seeds bank). Bardzo ważnym czynnikiem determinującym zasobność banku nasion jest zależność (dodatnia lub ujemna) pomiędzy „dopływem” (z osypujących się chwastów) a „odpływem” (poprzez kiełkowanie, naturalne niszczenie i utratę żywotności). Podobnie w łanie rośliny uprawnej skład gatunkowy, liczebność oraz masa chwastów podlegają nieustannym zmianom, głównie w wyniku działalności człowieka oraz pod wpływem samego siedliska (Szymankiewicz i wsp. 2003, Jędruszczak, Antoszek 2004, Stupnicka-Rodzinkiewicz i wsp. 2004, Feledyn-Szewczyk, Duer 2004).

Skład gatunkowy chwastów, ich liczebność i masa nasion w glebie są ściśle powiązana z dotychczasowym użytkowaniem pola, co zapewnia przetrwanie poszczególnych gatunków chwastów na danym obszarze pomimo stosowania różnych zabiegów mających na celu ich wyeliminowanie (Buhler i wsp. 2001, Bleharczyk i wsp. 2005, Sekutowski, Rola 2006, 2008, Jędruszczak i wsp. 2007, Dobrzański 2011). Dlatego analizując zachwaszczenie konkretnego pola, powinno się brać pod uwagę nie tylko zbiorowisko chwastów występujące w łanie rośliny uprawnej czy diasporę chwastów znajdujące się w glebie, ale również jego historię (krótką – przedplon i dłuższą – okres kilkunastu czy kilkudziesięciu lat) oraz najbliższe sąsiedztwo innych upraw czy też terenów czasowo nie użytkowanych rolniczo, np. odłogów (Domaradzki i wsp. 2007, Feledyn-Szewczyk, Duer 2007, Wanic i wsp. 2007, Rola, Rola 2000, 2010, Rola i wsp. 2011). Bardzo często grunty poddane odłogowaniu tworzą specyficzną fitocenozę. Pozbawione przez wiele lat czynnika antropopresji podlegają w sposób naturalny zjawisku sukcesji wtórnej (Malicki, Podstawka-Chmielewska 1998). W miejsce gatunków krótkotrwałych (najczęściej segetalnych) pojawiają się gatunki wieloletnie (często ruderalne), które w kolejnych latach zasiedlają całą powierzchnię odłogu, wpływając bezpośrednio lub pośrednio na przyległe pola uprawne (Malicki, Podstawka-Chmielewska 1998, Nowicki i wsp. 2007). Wśród gatunków wieloletnich ruderalnych bardzo często wysokie stałości i współczynnik pokrycia osiąga *Solidago sp.*, która tworzy zwarte łany, widoczne nawet z dużych odległości (Hochól i wsp. 1998, Rola, Rola 2000, 2010).

Celem przeprowadzonych badań było porównanie odłogu i sąsiadującego pola uprawnego pod względem zasobności w nasiona i rośliny chwastów ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju *Solidago*.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2010–2011 na dwóch polach o powierzchni 3 ha (pszenica ozima) i 2 ha (odłóg), należących do rolnika indywidualnego w Biskupicach Oławskich w woj. dolnośląskim (51°02'N, 17°34'E). Pola były zlokalizowane na glebie płowej, klasy IVa i różniły się między sobą sposobem zagospodarowania. W I lokalizacji (pole uprawne) obserwacje zachwaszczenia łąnu i glebowego banku nasion prowadzono w pszenicy ozimej. Natomiast w II lokalizacji obserwacje prowadzono na polu, które było odłogowane przez okres ostatnich 8 lat. Zarówno lokalizacja I, jak i II znajdowały się w bezpośrednim sąsiedztwie, gdyż oddzielał je jedynie „pas” szerokości około 0,5 m (tzw. miedza).

Skład gatunkowy i stopień zachwaszczenia poszczególnymi taksonami (oddzielnie dla pola uprawnego oraz odłogu) oceniano dwukrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego „metodą ramkową”. Ramkę o powierzchni 1 m² losowo rzucano w 9 miejscach po przekątnej każdego pola, oznaczając i licząc występujące gatunki chwastów (Domaradzki i wsp. 2001).

Do analiz glebowego banku nasion użyto próbnika glebowego o średnicy 8 cm. Z każdej lokalizacji (pole uprawne z pszenicą ozimą oraz pole odłogowane) pobierano oddzielnie 9 próbek pierwotnych z warstwy 0–20 cm. Następnie próbki pierwotne (oddzielnie dla każdej lokalizacji) łączono ze sobą oraz mieszano w celu uzyskania próby zbiorczej, z której otrzymano 3 próbki średnie, które umieszczano (każdą oddzielnie) w pojemnikach o średnicy 12 cm. Skład gatunkowy glebowego banku nasion oznaczono za pomocą metody pośredniej, zwanej też metodą kiełkowania. Metoda ta polega na obliczeniu liczby żywych nasion na podstawie wschodów siewek, które określano jako konkretny gatunek, liczono, a następnie usuwano. Czynności te powtarzano co 4 tygodnie przez okres 18 miesięcy. Liczbę diaspor chwastów określono na podstawie średniej z 3 powtórzeń, przeliczonej na jednostkę powierzchni w szt. · 1m⁻², dla każdej lokalizacji oddzielnie.

Dane uzyskane z obserwacji prowadzonych na polu z pszenicą ozimą, jak również na polu odłogowanym posłużyły do wyznaczenia wskaźnika ogólnej różnorodności Shannona-Wienera (H) oraz wskaźnika dominacji Simpsona (Si), według następujących wzorów:

$$H = -\sum(P_i \cdot \ln P_i) \text{ oraz } Si = 1 / (\sum P_i^2) - 1,$$

gdzie $P_i = n/N$ (n – liczebność chwastów lub nasion danego gatunku, N – ogólna liczebność chwastów lub nasion) (Shannon 1948, Simpson 1949 cyt. za Wanic i wsp. 2005).

WYNIKI I OMÓWIENIE

Skład gatunkowy występujący w łanie pszenicy ozimej (pole uprawne) był pochodną składu gatunkowego glebowego banku nasion (tab. 1). Podobnie sytuacja wyglądała na odłogu, z tą tylko różnicą, że w warstwie 0–20 cm gleby stwierdzono więcej taksonów, które nie miały swojej reprezentacji w „łanie” pola odłogowanego. Zróżnicowanie liczby poszczególnych gatunków było większe w glebowym banku nasion (odpowiednio 29 dla pola uprawnego i 38 dla odłogu) niż w łanie, pszenicy ozimej czy w „łanie” pola odłogowanego (odpowiednio 22 dla pola uprawnego i 20 dla odłogu). Ponadto stwierdzano, że niezależnie od sposobu zagospodarowania (pole uprawne czy odłóg) tylko 20 gatunków występowało wspólnie zarówno w łanie, jak i w glebowym banku nasion. Jedyne na polu uprawnym stwierdzono dwa gatunki, które miały swoich przedstawicieli tylko w łanie pszenicy ozimej. Natomiast przedstawiciele 9 gatunków (pole uprawne) i 18 gatunków (pole odłogowane) występowali jedynie w glebowym banku nasion w warstwie 0–20 cm.

Tabela 1
Table 1

Liczba gatunków chwastów występujących w łanie oraz w glebowym banku nasion w zależności od sposobu użytkowania pola

Number of weed species in the stand and soil seeds bank depending on field management

Wyszczególnienie Description	Obszar badań Investigation area	
	Pole uprawne (pszenica ozima) Field (winter wheat)	Odłóg Fallow
Łan Stand	22	20
Glebowy bank nasion Soil seeds bank	29	38
Gatunki wspólne Common species	20	20
Gatunki występujące tylko w łanie Species found only in canopy	2	0
Gatunki występujące tylko w glebowym banku nasion Species found only in soil seeds bank	9	18

Analizując łan pszenicy ozimej pod względem bioróżnorodności, stwierdzono, że największy procentowy udział przypadł gatunkom dwuliściennym rocznym (73,0%), w obrębie których dominowały takie taksony jak: *Anthemis arvensis*, *Viola arvensis*, *Papaver rhoeas* i *Centaurea cyanus* (tab. 2). Natomiast w grupie gatunków jednoliściennych stwierdzono dominację form rocznych jarych jak i ozimych (23,1%) z przewagą jednego gatunku: *Apera spica-venti*, która stanowiła aż 22,6% ogólnego zachwaszczenia łanu pszenicy ozimej. Pozostałe 3,1% zachwaszczenia ogólnego stanowiły gatunki polikarpiczne dwuliścienne z przewagą jednego taksonu: *Cirsium arvense* (2,5%). Wśród

gatunków wieloletnich jakie znajdowały się w łanie pszenicy ozimej, nie stwierdzono występowania taksonów z rodzaju *Solidago*. Zdaniem Stupnickiej-Rodzinkiewicz i wsp. (2004) największy wpływ na skład zbiorowiska chwastów w łanie rośliny uprawnej mają przedplon, sposób uprawy roli oraz zabiegi herbicydowe (bądź ich brak). Podobnego zdania są Jędruszczak i Antoszek (2004), którzy w swoich badaniach oceniali, w jakim zakresie uproszczenia uprawowe i sposoby odchwaszczania (mechaniczny i chemiczny) wpływają na bioróżnorodność chwastów w łanie pszenicy ozimej uprawianej w 3-letniej monokulturze.

Zdecydowanie inaczej wyglądała sytuacja na polu odłogowanym (tab. 2). Największy procentowy udział przypadł gatunkom dwuliściennym wieloletnim (89,8%), w obrębie których zdecydowanie dominowały dwa taksony z rodzaju *Solidago*, takie jak: *S. gigantea* (62,5%) oraz *S. canadensis* (19,7%). Natomiast gatunki dwuliścienne roczne reprezentowane były tylko przez jeden takson – *Descurainia sophia*, której procentowy udział wynosił zaledwie 0,3%. Pozostałe gatunki, jednoliścienne roczne oraz wieloletnie stanowiły 9,8% udziału w ogólnej liczbie gatunków, które występowały na odłogu. Wśród jednoliściennych dominowały tylko dwa gatunki wieloletnie, tj. *Elymus repens* (7,2%) oraz *Calamagrostis epigejos* (2,2%).

Tabela 2

Table 2

Procentowy udział poszczególnych gatunków chwastów w ogólnej liczbie w zależności od sposobu użytkowania pola

Percentage of weeds species in total number depending on field management

Lp. No.	Gatunki chwastów Weed species	Sposób użytkowania pól Field management	
		Pole uprawne (pszenica ozima) Field (winter wheat)	Odłóg Fallow
	1	2	3
	Jednoliścienne roczne Annual monocotyledonous	23,1	0,1
1.	<i>Apera spica-venti</i>	22,6	0,1
2.	<i>Bromus secalinus</i>	0,1	–
3.	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,4	–
	Jednoliścienne wieloletnie Perennial monocotyledonous	0,7	9,7
4.	<i>Calamagrostis epigejos</i>	–	2,2
5.	<i>Elymus repens</i>	0,7	7,2
6.	<i>Poa pratensis</i>	–	0,3
	Dwuliścienne roczne Broadleaved (annual)	73,0	0,3
7.	<i>Anthemis arvensis</i>	19,9	–
8.	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	2,0	–
9.	<i>Centaurea cyanus</i>	9,3	–
10.	<i>Chenopodium album</i>	0,6	–
11.	<i>Descurainia sophia</i>	0,1	0,3
12.	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,7	–

Tabela 2 cd.
Table 2 cont.

1	2	3	4
13.	<i>Geranium pusillum</i>	1,9	–
14.	<i>Lamium purpureum</i>	3,3	–
15.	<i>Myosotis arvensis</i>	5,2	–
16.	<i>Papaver rhoeas</i>	11,0	–
17.	<i>Stellaria media</i>	4,0	–
18.	<i>Thlaspi arvense</i>	1,3	–
19.	<i>Veronica hederifolia</i>	0,5	–
20.	<i>Viola arvensis</i>	13,2	–
Dwuliścienne wieloletnie Broadleaved (perennial)		3,1	89,8
21.	<i>Achillea millefolium</i>	–	0,3
22.	<i>Artemisia vulgaris</i>	0,6	1,6
23.	<i>Cirsium arvense</i>	2,5	0,3
24.	<i>Conyza canadensis</i>	–	2,0
25.	<i>Daucus carota</i>	–	+
26.	<i>Epilobium montanum</i>	–	+
27.	<i>Hypericum perforatum</i>	–	0,3
28.	<i>Potentilla anserina</i>	–	0,3
29.	<i>Rumex crispus</i>	–	0,2
30.	<i>Solidago canadensis</i>	–	19,7
31.	<i>Solidago gigantea</i>	–	62,5
32.	<i>Sonchus arvensis</i>	+	+
33.	<i>Tanacetum vulgare</i>	–	1,4
34.	<i>Taraxacum officinale</i>	–	0,3
35.	<i>Tussilago farfara</i>	+	0,9
Liczba gatunków Number of species		22	20

(+) – gatunek występował sporadycznie (udział poniżej 0,1%)

(+) – species occurred rarely (percentage below 0.1%)

Zdaniem Kornasia (1981) na wczesnym etapie synantropizacji szaty roślinnej zaznacza się wyraźny wzrost różnorodności florystycznej. Proces ten trwa do momentu osiągnięcia maksimum różnorodności, jednak w perspektywie kolejnych kilkunastu lat następuje zdecydowany spadek różnorodności. Według Roli i Roli (2000) na tak zwanych „młodych” odłogach, w 1. i 2. roku odłogowania, dominują taksony, które były związane z wcześniejszym użytkowaniem pola. W zbiorowiskach takich najbardziej stabilną grupę stanowią gatunki jednoliścienne, tj. *Apera spica-venti*, *Elymus repens* oraz *Echinochloa crus-galli*. Dopiero w kolejnych latach odłogowania w wyniku naturalnej sukcesji dominującymi gatunkami stają się taksony ruderalne, tj. *Artemisia vulgaris*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis* czy *Solidago canadensis* (Nowicki i wsp. 2007). W swoich późniejszych badaniach Rola i Rola (2010) zauważyli, że niezależnie od siedliska gatunki z rodzaju *Solidago* często tworzą na terenach odłogowanych zwarte „łany”, które są widoczne nawet z dużych odległości. Z obserwacji tych autorów wynika, że najczęściej po 5–8 latach odłogowania pola wysokie stopnie pokrycia powierzchni osiąga jeden rodzaj

– *Solidago*. A w zdominowanej przez ten rodzaj fitocenozie wyraźnie zaznaczają swoją obecność takie gatunki jak: *Elymus repens*, *Calamagrostis epigejos*, *Apera spica-venti*, *Achillea millefolium*, *Epilobium montanum*, *Erigeron canadensis*, *Erigeron acer* i *Tanacetum vulgare*.

W glebowym banku nasion pola uprawnego (pszenica ozima) określono diasporę 29 gatunków chwastów (tab. 3). Analizując warstwę gleby 0–20 cm pod względem bioróżnorodności, stwierdzono, że największy procentowy udział przypadł gatunkom dwuliściennym rocznym (76,0%), następnie jednoliściennym (19,0%), a najmniej dwuliściennym wieloletnim (5,0%). Taksonami najczęściej występującymi o udziale powyżej 10% w ogólnym zachwaszczeniu z jednoliściennych była *Apera spica-venti* (17,2%), a z dwuliściennych rocznych *Papaver rhoeas* (17,9%), *Viola arvensis* (16,3%) i *Centaurea cyanus* (12,5%). Natomiast z gatunków dwuliściennych wieloletnich największy udział procentowy w ogólnej liczbie diaspor stwierdzono dla *Artemisia vulgaris* (1,8%) oraz dla rodzaju *Solidago* (1,9%) reprezentowanego przez dwa gatunki *S. canadensis* (0,7%) i *S. gigantea* (1,2%).

Tabela 3

Table 3

Procentowy udział poszczególnych gatunków chwastów w ogólnej liczbie diaspor w warstwie gleby (0–20 cm) w zależności od sposobu użytkowania pola

Percentage of weeds species in total number of weed seeds in soil layer (0–20 cm) depending on field management

Lp. No.	Gatunki chwastów Weed species	Sposób użytkowania pól Field management	
		Pole uprawne (pszenica ozima) Field (winter wheat)	Odłóg Fallow
1		2	3
Jednoliścienne roczne Annual monocotyledonous		18,4	12,9
1.	<i>Apera spica-venti</i>	17,2	10,8
2.	<i>Bromus secalinus</i>	0,1	–
3.	<i>Echinochloa crus-galli</i>	1,1	2,1
Jednoliścienne wieloletnie Perennial monocotyledonous		0,6	3,1
4.	<i>Calamagrostis epigejos</i>	–	0,9
5.	<i>Dactylis glomerata</i>	–	0,1
6.	<i>Elymus repens</i>	0,4	1,2
7.	<i>Poa pratensis</i>	0,2	0,9
Dwuliścienne roczne Broadleaved (annual)		76,0	57,1
8.	<i>Anthemis arvensis</i>	4,5	4,9
9.	<i>Capsella bursa-pastorsis</i>	0,3	1,4
10.	<i>Centaurea cyanus</i>	12,5	2,1
11.	<i>Chenopodium album</i>	4,6	11,1
12.	<i>Descurainia sophia</i>	1,2	1,6
13.	<i>Erodium cicutarium</i>	1,7	1,2

Tabela 3 cd.
Table 3 cont.

1	2	3	4
14.	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,9	0,2
15.	<i>Galinsoga parviflora</i>	1,1	2,1
16.	<i>Galium aparine</i>	2,7	2,6
17.	<i>Geranium pusillum</i>	2,6	1,9
18.	<i>Lamium purpureum</i>	1,0	–
19.	<i>Myosotis arvensis</i>	0,8	–
20.	<i>Papaver rhoeas</i>	17,9	7,1
21.	<i>Spergula vulgaris</i>	0,2	1,4
22.	<i>Stellaria media</i>	2,7	4,2
23.	<i>Thlaspi arvense</i>	0,6	1,1
24.	<i>Veronica hederifolia</i>	4,4	1,7
25.	<i>Viola arvensis</i>	16,3	12,5
Dwuliścienne wieloletnie Broadleaved (perennial)		5,0	26,8
26.	<i>Achillea millefolium</i>	–	0,3
27.	<i>Artemisia vulgaris</i>	1,8	4,2
28.	<i>Cirsium arvense</i>	0,4	0,9
29.	<i>Conyza canadensis</i>	0,2	2,5
30.	<i>Daucus carota</i>	–	0,4
31.	<i>Epilobium montanum</i>	–	0,6
32.	<i>Hieracium pilosella</i>	–	0,2
33.	<i>Hypericum perforatum</i>	–	+
34.	<i>Potentilla anserina</i>	–	+
35.	<i>Rumex crispus</i>	–	1,9
36.	<i>Solidago canadensis</i>	0,7	4,7
37.	<i>Solidago gigantea</i>	1,2	8,1
38.	<i>Sonchus arvensis</i>	–	0,2
39.	<i>Tanacetum vulgare</i>	–	0,2
40.	<i>Taraxacum officinale</i>	0,7	2,5
41.	<i>Tussilago farfara</i>	–	0,1
Liczba gatunków Number of species		29	38

(+) – gatunek występował sporadycznie (udział poniżej 0,1%)

(+) – species occurred rarely (percentage below 0.1%)

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że na polu uprawnym (w łanie pszenicy ozimej) nie stwierdzono występowania gatunków z rodzaju *Solidago* pomimo występowania ich nasion w warstwie gleby 0–20 cm oraz pomimo bardzo bliskiego sąsiedztwa pola odłogowanego zdominowanego przez *S. canadensis* i *S. gigantea* (tab. 2–3). Brak obecności zarówno *S. gigantea*, jak i *S. canadensis* w łanie pszenicy ozimej (mimo obecności ich nasion w glebie oraz bliskiego sąsiedztwa odłogu zdominowanego przez te dwa gatunki) można tłumaczyć tym, że co roku na polu uprawnym wykonywane były zabiegi agrotechniczne (łącznie z zabiegami herbicydowymi). Również duże znaczenie miały w tym przypadku termin siewu oraz czynnik konkurencyjności samej rośliny uprawnej.

Także w glebowym banku nasion pola odłogowanego największy procentowy udział diaspor chwastów przypadł gatunkom dwuliściennym rocznym (57,1%), w obrębie których zdecydowanie dominowały dwa taksony *Viola arvensis* (12,5%) oraz *Chenopodium album* (11,1%). Natomiast gatunki dwuliścienne wieloletnie stanowiły 26,8% ogólnej liczby diaspor chwastów i najliczniej reprezentowane były przez trzy taksony: *S. gigantea* (8,1%), *S. canadensis* (4,7%) oraz *Artemisia vulgaris* (4,2%). Udział pozostałych gatunków, jednoliściennych rocznych oraz wieloletnich, stanowił 16,0% w ogólnej liczbie diaspor chwastów, które występowały na odłogu. Wśród jednoliściennych dominowały tylko dwa gatunki roczne, tj. *Apera spica-venti* (10,8%) oraz *Echinochloa crus-galli* (2,1%). Natomiast diasporę gatunków jednoliściennych wieloletnich stanowiły łącznie tylko 3,1% w ogólnej liczbie diaspor chwastów (*Elymus repens* – 1,2%, a *Calamagrostis epigejos* i *Poa pratensis* zaledwie po 0,9%).

Większość opracowań naukowych wskazuje na duże podobieństwo między zachwaszczeniem ładu a gatunkową i ilościową liczbą nasion chwastów w warstwie ornej gleby. Ponadto skład gatunkowy glebowego banku nasion jest bardzo często bogatszy niż skład gatunkowy ładu (Hołdyński i wsp. 2001, Feledyn-Szewczyk, Duer 2004, 2007). Jako główne przyczyny rozbieżności w zachwaszczeniu ładu i gleby można podać różnice w żywotności i biologii kiełkowania, a w szczególności rodzaj i głębokość spoczynku nasion poszczególnych gatunków chwastów, niedoskonałość metod badawczych oraz zastosowane zabiegi agrotechniczne. Trudności w ocenie liczby nasion wynikają z ich ilościowej zmienności w sezonie, cyklicznych wewnętrznych przekształceń pomiędzy różnymi frakcjami spoczynkowymi nasion oraz w tworzeniu sprzyjających warunków do kiełkowania nasion. Zasobność banku nasion określa się zwykle przez ilościowe określenie wszystkich nasion znajdujących się w danej objętości gleby lub poprzez liczenie kiełkujących nasion (siewek). Obie metody mają zalety, jak również wady, które to nie pozwalają na pełne oszacowanie glebowego banku nasion (Grzesiuk, Kulka 1981, Bochenek 1998, 2000, Bochenek i wsp. 2009, Wojciechowski i wsp. 2008, Krasuska i wsp. 2011).

Za pomocą dwóch wskaźników ekologicznych, bioróżnorodności Shannona-Wienera (H) i dominacji Simpsona (Si) porównano glebowy bank nasion z łanem pszenicy ozimej oraz z „łanem” pola odłogowanego (tab. 4). Przeprowadzone badania wskazują na to, że glebowy bank nasion pola uprawnego czy odłogu był bardziej zróżnicowany pod względem gatunkowym niż łan pszenicy ozimej oraz „łan” odłogu. Najwyższy wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera (H) stwierdzono dla glebowego banku nasion pola odłogowanego przy jednocześnie bardzo niskiej wartości dominacji Simpsona (Si). Natomiast dla „łanu” pola odłogowanego uzyskano wysoką wartość wskaźnika dominacji Simpsona (Si) wynoszącą 0,42. Tak wysoki współczynnik Simpsona (Si) dla „łanu” pola odłogowanego wynikał z dominacji dwóch gatunków z rodzaju *Solidago*. Natomiast wartości wskaźnika Shannona-Wienera (H) zarówno ładu, jak i gleby dla pola uprawnego (pszenica ozima) były bardzo zbliżone i wynosiły odpowiednio: 2,31 oraz 2,56. Świadczy to o bardzo dużym podobieństwie gatunkowym wyrażającym się wysokim współczynnikiem różnorodności Shannona-Wienera (H) przy jednocześnie niskich wartościach dominacji Simpsona.

Według Stupnickiej-Rodzinkiewicz i wsp. (2004) Jędruszczak i Antoszek (2004) oraz Wanic i wsp. (2005, 2007) zmienność wskaźników Shannona-Wienera (H) i Simpsona (Si) w odniesieniu do gatunków chwastów występujących w agroflocenie bywa

wynikiem zastosowania różnej agrotechniki, sposobów uprawy roli oraz użytkowania pola. Objawia się to tym, że w perspektywie kilku lub kilkunastu lat na miejsce zbiorowisk w których występuje stosunkowa duża bioróżnorodność taksonów, pojawiają się bardzo uproszczone zbiorowiska, składające się zaledwie z 2–4 gatunków dominujących.

Tabela 4

Table 4

Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera (H) i dominacji Simpsona (Si) dla łąnu oraz glebowego banku nasion w zależności od sposobu użytkowania pola
Shannons-Wieners biodiversity index (H) and Simpsons domination index (Si) for the stand and soil seeds bank depending on field management

Wskaźnik Index		Sposób użytkowania pól Field management	
		Pole uprawne (pszenica ozima) Field (winter wheat)	Odłóg Fallow
Różnorodności Shannona-Wienera (H) Diversity Shannons-Wieners index (H)	Łan Stand	2,31	1,33
		(-)*	0,31*
	Glebowy bank nasion Soil seeds bank	2,56	3,05
		0,03*	0,18*
Dominacji Simpsona (Si) Domination Simpsons index (Si)	Łan Stand	0,13	0,42
		(-)*	0,21*
	Glebowy bank nasion Soil seeds bank	0,11	0,07
		0,0001*	0,01*

* wartości wskaźników dla *Solidago sp.* – index values for *Solidago sp.*

(-) – brak wystąpień *Solidago sp.* – no occurrences of *Solidago sp.*

WNIOSKI

1. Niezależnie od sposobu zagospodarowania pola (pszenica ozima, odłóg) liczba gatunków nasion chwastów znajdujących się w glebowym banku była większa niż liczba gatunków chwastów w łąnie pszenicy ozimej czy „łąnie” pola odłogowanego.

2. W łąnie pszenicy ozimej (pole uprawne) nie stwierdzono występowania gatunków z rodzaju *Solidago* (*S. gigantea* oraz *S. canadensis*) pomimo bliskiego sąsiedztwa odłogu, którego pokrycie tymi taksonami wynosiło ponad 82%.

3. Natomiast w próbkach glebowych pobranych z warstwy 0–20 cm zarówno z pola uprawnego, jak i odłogu rodzaj *Solidago* stanowił odpowiednio 1,9 oraz 12,8% ogólnej liczby diaspor chwastów.

4. Brak obecności *S. gigantea* oraz *S. canadensis* w łąnie pszenicy ozimej można tłumaczyć tym, że co roku na polu uprawnym wykonywane są zabiegi agrotechniczne, które w znacznym stopniu redukują liczbę zarówno nasion, jak i siewek tych gatunków.

5. Najwyższy wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera (H) stwierdzono dla glebowego banku nasion pola odłogowanego przy jednocześnie bardzo niskiej wartości dominacji Simpsona (Si). Natomiast dla „łanu” pola odłogowanego uzyskano wysoką wartość wskaźnika Simpsona (Si), wynikającą z dominacji dwóch gatunków: *S. gigantea* oraz *S. canadensis*.

6. Wartości wskaźnika Shannona-Wienera (H) zarówno łanu, jak i gleby dla pola uprawnego (pszenica ozima) były bardzo zbliżone, co może świadczyć o bardzo dużym podobieństwie gatunkowym wyrażającym się wysokim współczynnikiem różnorodności Shannona-Wienera (H) przy jednocześnie niskich wartościach dominacji Simpsona (Si).

PIŚMIENNICTWO

- Aldrich R.J., 1997. Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. Podstawy zwalczania chwastów. Wyd. TChIE Opole.
- Blecharczyk A., Małecka I., Sierpowski J., Dobrzeński T., 2005. Wpływ uprawy roli na zachwaszczenie pszenicy ozimej. PTPN, 98/99: 9–16.
- Bochenek A., 1998. Ekofizjologiczne uwarunkowania dynamiki glebowego banku nasion chwastów. Post. Nauk. Rol., 6(276): 83–100.
- Bochenek A., 2000. Wpływ czynników biotycznych i zabiegów uprawowych na glebowy bank nasion chwastów. Post. Nauk. Rol., 2(284): 19–29.
- Bochenek A., Gołaszewski J., Giełwanowska I., 2009. Współczesne poglądy na pojęcie spoczynku nasion. Post. Nauk. Rol., 3(4): 127–136.
- Buhler D.D., Kohler K.A., Thompson R.L., 2001. Weed seed bank dynamics during a five-year crop rotation. Weed Techn., 15: 170–176.
- Dobrzański A., 2011. Reakcja nasion chwastów segetalnych na uprawę roli wykonywaną nocą. Post. Nauk. Rol., 2: 9–19.
- Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T., 2001. Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia polowe. Wyd. IUNG Puławy.
- Domaradzki K., Badowski M., Rola H., Sekutowski T., 2007. Zróżnicowanie florystyczne agrofitycenozy Dolnego Śląska pod wpływem różnych systemów gospodarowania. Pam. Puł., 145: 25–42.
- Feledyn-Szewczyk B., Duer I., 2004. Oddziaływanie systemu produkcji na glebowy bank nasion. Pam. Puł., 138: 19–33.
- Feledyn-Szewczyk B., Duer I., 2007. Podobieństwo glebowego banku nasion i aktualnego zachwaszczenia łanu pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji rolnej. Ann. UMCS, 62(2): 157–167.
- Grzesiuk S., Kulka K., 1981. Fizjologia i biochemia nasion. PWRiL, Warszawa.
- Harper J.L., 1977. Population Biology of Plants. New York, Academic Press.
- Hochół T., Łabza T., Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., 1998. Zachwaszczenie wieloletnich odłogów w porównaniu do stanu na polach uprawnych. Bibl. Fragm. Agron., 5: 115–123.

- Hołdyński Cz., Jastrzębski W., Jastrzębska M., 2001. Potencjalna zawartość diaspor chwastów w glebie a zachwaszczenie aktualne łąnów pszenicy ozimej. *Acta Botanica Warmiae et Masuriae*, 1: 189–195.
- Jędruszczak M., Antoszek R., 2004. Sposoby uprawy roli a bioróżnorodność zbiorowisk chwastów w monokulturze pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricult.*, 3(2): 47–59.
- Jędruszczak M., Budzyńska B, Gocół M., 2007. Zasobność glebowego banku nasion chwastów w zależności od sposobu regulacji zachwaszczenia. *Ann. UMCS*, 62(2): 217–225.
- Kornaś J., 1981. Oddziaływanie człowieka na florę: mechanizmy i konsekwencje. *Wiad. Bot.*, 25(3): 165–182.
- Krasuska U., Gniazdowska A., Bogatek R., 2011. Rola ROS w fizjologii nasion. *Kosmos*, 60(1–2): 113–128.
- Malicki L., Podstawka-Chmielewska E., 1998. Zmiany fitocenozy i niektórych właściwości gleby zachodzące podczas odłogowania oraz będące efektem zagospodarowania wieloletniego odłogu. *Bibl. Fragm. Agron.*, 5: 97–114.
- Nowicki J., Marks M., Nowicki M., Wanic M., 2007. Zachwaszczenie upraw polowych i gleby po zagospodarowaniu kilkuletniego odłogu. Część I: Zachwaszczenie zasiewów na tle fitocenozy odłogów. *Acta Botanica Warmiae et Masuriae*, 4: 401–410.
- Rola J., Rola H., 2000. Problem odłogów na gruntach porolnych i perspektywy ich racjonalnego zagospodarowania. *Pam. Puł.*, 120: 361–367.
- Rola J., Rola H., 2010. *Solidago spp.* biowskaźnikiem występowania odłogów na gruntach rolnych. *Fragm. Agron.*, 27(3): 122–131.
- Rola J., Sekutowski T., Rola H., 2011. Urbanizacja obszarów rolniczych a bioróżnorodność zbiorowisk segetalnych. *Ekol. Tech. XIX (3A)*: 22–29.
- Sekutowski T., Rola H., 2006. Wpływ systemów uprawy na bank nasion chwastów w glebie. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 46(2): 116–119.
- Sekutowski T., Rola H., 2008. Wpływ chlorosulfuronu i uproszczeń w uprawie roli na zapas diaspor chwastów w glebie. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 48(2): 660–664.
- Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Stępnik K., Lepiarczyk A., 2004. Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricultura (Agronomia)*, 3(2): 235–245.
- Szymankiewicz K., Jankowska D., Deryło S. 2003. Wpływ płodozmianu i monokultury oraz sposobu uprawy roli na bioróżnorodność flory zachwaszczającej pszenżyto ozime. *Acta Agroph.*, 1(4): 69–76.
- Wanic M., Jastrzębska M., Kostrzewska M.K., Nowicki J., 2005. Analiza zbiorowisk chwastów za pomocą wybranych wskaźników biologicznych. *Acta Agrobot.*, 58(1): 227–242.
- Wanic M., Nowicki J., Nowicki M., Marks M., 2007. Zachwaszczenie upraw polowych i gleby po zagospodarowaniu kilkuletniego odłogu. Część II: Diaspory chwastów w glebie na gruntach uprawianych i odłogowanych. *Acta Bot. Warm. Masur.*, 4: 411–418.
- Witkowski F., 1998. Wpływ wieloletnich uproszczeń uprawy roli na liczbę i rozmieszczenie nasion chwastów w glebie. *Post. Nauk. Rol.*, 1(271): 31–40.
- Wojciechowski W., Parylak D., Zawieja J., 2008. Oddziaływanie następstwa roślin i odłogowania na zapas nasion chwastów w glebie. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol.*, 42(568): 59–66.

**COMPARISON OF THE CONTENT OF SEEDS AND PLANTS
OF THE GOLDENROD (*SOLIDAGO SP.*) IN THE FALLOW
AND ADJACENT FIELD**

S u m m a r y

In the experiment there were compared content of seeds and plants of *Solidago sp.* in the fallow and field being side by side. Estimation concerned botanical composition and percentage individual species of weeds in total number of diaspores and plants in winter wheat and fallow and in soil seed bank in 0–20 layer. Comparison was made using Shannon's total biodiversity index and Simpson's domination index. In winter wheat stand there were not observed any species of *S. gigantea* and *S. canadensis* in spite of the fallow was very close and it was covered by those taxons in over 82%. However, in soil samples taken from 0–20 layer *Solidago* species achieved 1,9% (spring wheat) and 12,9% (fallow) of total number of diaspores. The highest index of biodiversity (Shannon-Wiener index) was observed for fallow seed bank and simultaneously very low Simpson's domination index. However, for stand of fallow Simpson's index was high because of domination two species – *S. gigantean*, *S. canadensis*. Deficiency of those species in winter wheat stand (in spite of their seeds are in soil and the fallow close the field was dominated by those two species) can be explained using agricultural measures and herbicides.

KEY WORDS: seeds, fallow, field, goldenrod (*Solidago sp.*)

Zbigniew Sobisz¹, Agnieszka Parzych²

**UDZIAŁ *SOLIDAGO GIGANTEA* AITON W ZBIOROWISKACH
ROŚLINNYCH WYBRANYCH BIOTOPÓW ŚRÓDPOLNYCH
POMORZA ŚRODKOWEGO**

**PARTICIPATION OF *SOLIDAGO GIGANTEA* AITON IN PLANT
COMMUNITIES OF CHOSEN MIDFIELD BIOTOPES
ON CENTRAL POMERANIA**

¹*Zakład Botaniki i Genetyki, Akademia Pomorska w Słupsku*

Department Botany and Genetics, Pomeranian Academy in Słupsk

²*Zakład Chemii Środowiskowej, Instytut Biologii i Ochrony Środowiska, Akademia Pomorska w Słupsku*

Environmental Chemistry Research Unit, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian Academy in Słupsk

W pracy przedstawiono rezultaty badań nad zbiorowiskami ruderalnymi i segetalnymi z udziałem *Solidago gigantea* na Pomorzu Środkowym (północna Polska). Nawłóć późna zawleczona z Ameryki Północnej obserwowana była po raz pierwszy na Pomorzu Środkowym w 1868 r. Dzisiaj jest przyczyną wielu strat ekonomicznych i przyrodniczych. Szczególnie zagrożenia dotyczą upraw rolniczych, parków dworskich, odłogów, łąk i pastwisk. *Solidago gigantea* jest jednym z gatunków, który do swojego rozprzestrzeniania wykorzystuje doliny rzek jako specyficznych korytarzy ekologicznych. Nawłóć późna była notowana wzdłuż brzegów rzek: Leby, Słupi, Grabowej i Parsęty. Niejednokrotnie gatunek jest dominantem, zajmującym wielohektarowe powierzchnie i występującym na siedliskach roślin rodzimego pochodzenia.

Podczas badań w latach 2007–2010 wykonano 184 zdjęcia powszechnie stosowaną w Polsce metodą Braun-Blanqueta. Fitocenozy z udziałem *Solidago gigantea* notowano w zbiorowiskach ruderalnych z klasy *Artemisietea vulgaris* i związku *Petasition officinalis*: *Aegopodio-Petasitetum hybridii*, *Agropyro repentis-Aegopodietum podagrariae*, *Heracleeteum mantegazziani* oraz związku *Senecionion fluviatile*: *Impatienti glanduliferae-Convolutum sepium*, *Polygonetum cuspidati*. *Solidago gigantea* notowano również w zbiorowiskach segetalnych z klasy *Stellarietea mediae*

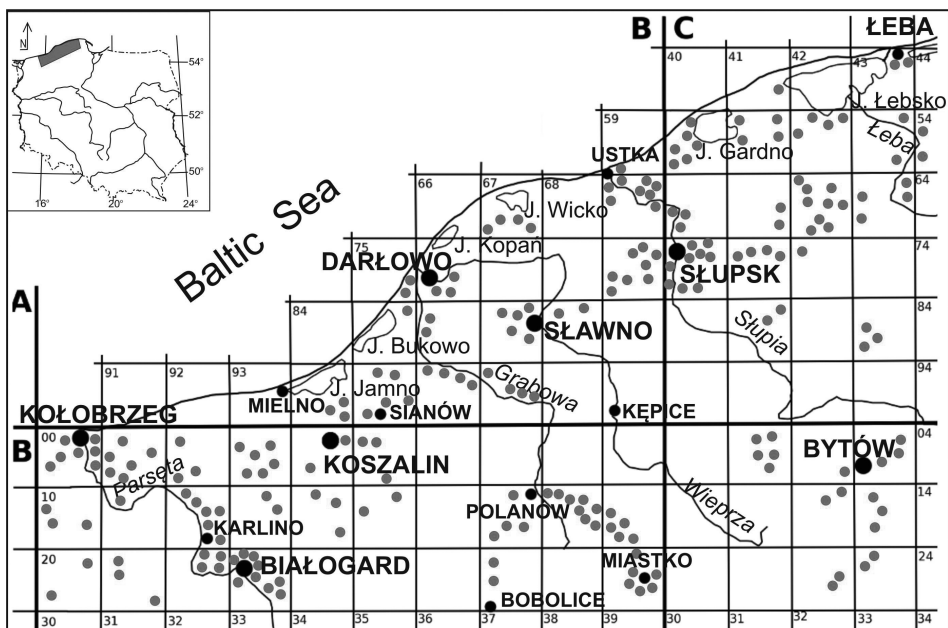
Do cytowania – For citation: Sobisz Z., Parzych A., 2012. Udział *Solidago gigantea* Aiton w zbiorowiskach roślinnych wybranych biotopów śródpolnych Pomorza Środkowego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 113–128.

należących do związku *Veronico-Euphorbion*: *Veronico agrestis-Fumarietum officinalis*, *Oxalido-Chenopodietum polyspermi*, *Euphorbio peplidis-Galinsogietum ciliatae* oraz związku *Panico-Setarion*: *Spergulo-Echinochloetum cruris-galli* i *Spergulo arvensis-Scleranthetum annui*.

SŁOWA KLUCZOWE: *Solidago gigantea*, zbiorowiska ruderalne i segetalne, biotopy śródpolne, kenofity, Pomorze Środkowe

WSTĘP

Nawłoc późna pochodzi z wschodniej części Ameryki Północnej. Została introdukowana do Europy w XVIII w. jako roślina ozdobna. Pierwsze dane o tym gatunku zanotowano w 1758 r., kiedy została sprowadzona do ogrodu botanicznego w Londynie (Meusel i wsp. 1992). W Polsce pierwsza wzmianka pochodzi z roku 1853 z Wrocławia (Uechtritz, *herb. WRSL*), natomiast na Pomorzu notowana była w 1868 r. w Koszalinie, w 1890 r. w Szczecinie i w 1923 r. w Kamieniu Pomorskim (Holzfuß 1937). Nawłoci późnej często towarzyszy nawłoc kanadyjska i oba gatunki występują w całej Polsce (Zając, Zając 2001). Na Pomorzu Środkowym występują one obficie i z wysoką stałością w różnych zbiorowiskach roślinnych i na różnych siedliskach. Uwagę zwraca fakt, że *Solidago gigantea* jest częstsza (Sobisz 2010). Aktualne jego rozmieszczenie na Pomorzu Środkowym, gdzie zanotowano 216 nowych stanowisk, przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Aktualne rozmieszczenie *Solidago gigantea* na Pomorzu Środkowym
Fig. 1. Current distribution of *Solidago gigantea* on Middle Pomerania

MATERIAŁ I METODY

Badania nad chorologią fitocenoz wybranych biotopów śródpolnych z udziałem nawłoci późnej prowadzono na Pomorzu Środkowym w latach 2007–2010. Przez Pomorze Środkowe autor rozumie obszar między pradoliną rzek Łeby-Redy na wschodzie a rzeką Parsętą na zachodzie, natomiast według Kondrackiego (2004) jest to wschodnia część Pomorza Zachodniego. Wykonano 184 zdjęcia fitosocjologiczne powszechnie stosowaną w Polsce metodą Braun-Blanqueta. Klasyfikację i nomenklaturę syntaksonów przyjęto za Ratyńską i wsp. 2010, nazewnictwo roślin naczyniowych za Mirkiem i wsp. (2002).

Każde stanowisko zlokalizowano w sieci kwadratów ATPOL (Zajac 1978). Wszystkie zdjęcia zarchiwizowano w bazie danych TURBOVEG, a następnie zgrupowano je, dokonując wstępnej oceny ich podobieństw, przy wykorzystaniu programu TWINSPAN (Hennekens, Schaminée 2001). Zbiór 184 zdjęć analizowano do 6 poziomu po uprzednim transformowaniu 7-stopniowej skali Braun-Blanqueta na skalę porządkową, przyjmując następujące wartości: r-1, +2, 1-3, 2-5, 3-7, 4-8, 5-9. Zbiorowiska roślinne poddano klasyfikacji przy użyciu programu NCLAS z pakietu SYNTAX 5.0 (Podani 1993). Podobieństwa między zdjęciami obliczono przy użyciu wzoru Jaccarda na podstawie obecności lub braku porównywanych gatunków. Do grupowania zdjęć wykorzystano metodę nieważonej pary-grupy z użyciem średnich arytmetycznych (Sneath, Sokal 1973).

Tabele analityczne wykonano w programie JUICE (Tichý 2002). W przypadku każdego zdjęcia obliczono kilka wskaźników biocenotycznych: ogólny wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera, wskaźnik równomierności Pielou, wskaźnik bogactwa gatunkowego i współczynnik różnorodności gatunkowej Simpsona. W celu obliczenia współczynnika pokrycia przeliczono stopnie ilościowości na przeciętny procent pokrycia według następującego zestawienia: r = 0,1%, + = 0,5%, 1 = 5%, 2 = 17,5%, 3 = 37,5%, 4 = 62,5%, 5 = 87,5% (Pawłowski 1977).

Ocenę warunków siedliskowych wyróżnionych syntaksonów przedstawiono, opierając się na bioindykacyjnych właściwościach roślin (Ellenberg i wsp. 1991). W przypadku każdego zdjęcia fitosocjologicznego wyliczono średnie liczby: warunków świetlnych (L), wilgotności (M), odczynu gleby (R), poziomu azotu (N) i kontynentalizmu (K).

Celem podjętych badań była inwentaryzacja zbiorowisk roślinnych wybranych biotopów śródpolnych z udziałem *Solidago gigantea* na Pomorzu Środkowym.

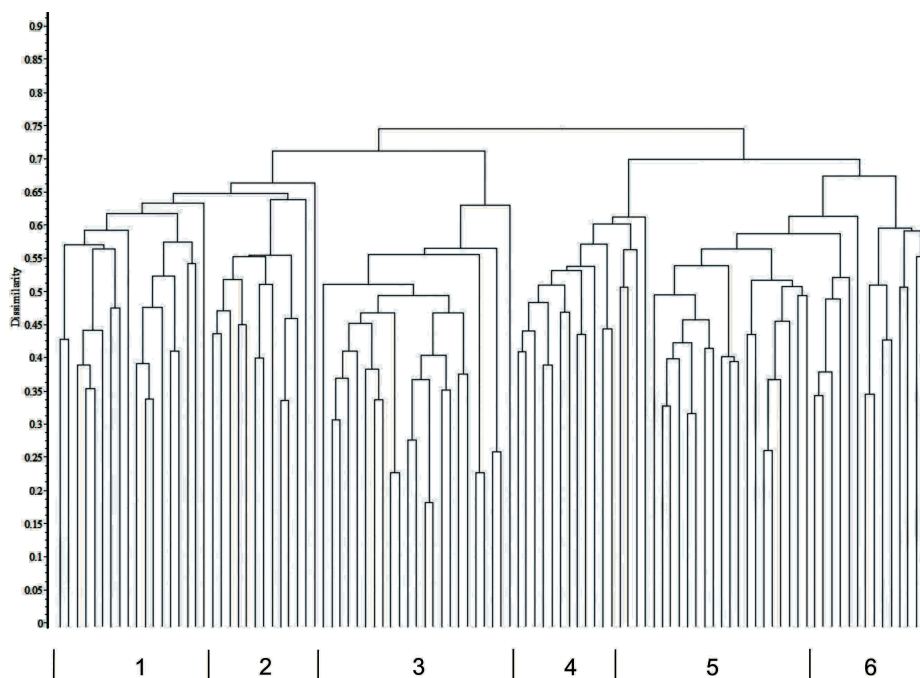
WYNIKI

Ten ekspansywny kenofit wnika do antropogenicznych zbiorowisk biotopów śródpolnych: parków dworskich, poboczy dróg, obrzeży łąk i pastwisk, rowów, kanałów melioracyjnych i oczek śródpolnych, ugorów i nieużytków oraz pól uprawnych. *Solidago gigantea* jest jednym z gatunków przywiązanych do dolin rzecznych i z nimi związane jest jego rozprzestrzenianie. Zwróciło na to uwagę wielu autorów, m.in. z dolin rzecznych w Czechach (Pyšek i wsp. 2002), Słowacji (Zaliberová, Jarolimek 2003), Węgrzech (Török i wsp. 2003), w Niemczech, północnej Szwajcarii i Francji (Jakobs i wsp. 2004) i w Polsce (Nowak, Kaćki 2009). O jego występowaniu na ruderalnych stanowiskach

pisali: Anioł-Kwiatkowska (1974), Guzikowa, Maycock (1986), Wróbel (2007), Dajdok, Śliwiński (2009).

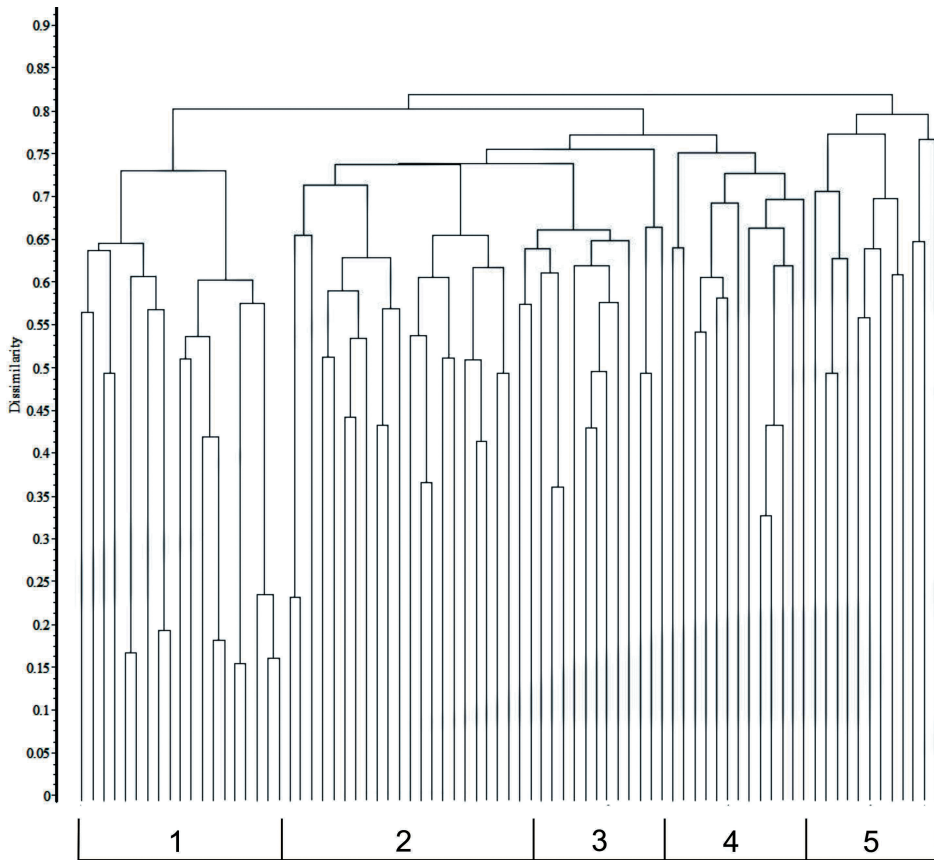
Klasyfikację numeryczną zbiorowisk synantropijnych na Pomorzu Środkowym prezentują dwa różne dendrogramy, przedstawiające zróżnicowanie florystyczne badanych płatów roślinnych osobno – na siedliskach ruderalnych i na – siedliskach segetalnych. Wyniki klasyfikacji numerycznej wykazały, że zbiorowiska ruderalne i segetalne w zależności od zmienności siedliskowej różnicują się wyraźnie na odrębne grupy syntaksonów (rys. 2, 3).

Fitocenozy z udziałem *Solidago gigantea* poddano analizie fitosocjologicznej, w wyniku której wyodrębniono następujące syntaksony z klasy *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et. al. in R.Tx. 1950: *Aegopodio-Petasitetum hybridii* T.Tx (1937) 1947, *Agropyro repentis-Aegopodietum podagrariae* T. Rx. 1967 em. Neuhäuslová-Novotná et. al.. 1969, *Heracleeteum mantegazziani* Klauk 1988 należące do związku *Petasion officinalis* Sillinger 1933 oraz *Impatienti glanduliferae-Convolutum sepium* (Moor 1958) Hilbig 1972, *Polygonetum cuspidati* (Moor 1958) Th. Müller et Görs 1969 ex Görs 1974, *Rudbeckio-Solidaginetum* R.Tx. et Raabe in R.Tx 1950 ex Anioł-Kwiatkowska 1974 ze związku *Senecionion fluviatile* R. Tx. 1950 ex Lohmeyer 1953.



Rys. 2. Dendrogram Jaccarda – klasyfikacja numeryczna zbiorowisk* z klasy *Artemisietea vulgaris* przy użyciu programu NCLAS z pakietu SYNTAX 5.0
Fig. 2. Classification of plant communities* from *Artemisietea vulgaris* class based on species composition in accordance with Jaccard's formula using the NCLAS program

* objaśnienia – Explanation: 1 – *Aegopodio-Petasitetum hybridii*, 2 – *Agropyro repentis-Aegopodietum podagrariae*, 3 – *Heracleeteum mantegazziani*, 4 – *Impatienti glanduliferae-Convolutum sepium*, 5 – *Polygonetum cuspidati*, 6 – *Rudbeckio-Solidaginetum*



Rys. 3. Dendrogram Jaccarda – klasyfikacja numeryczna zbiorowisk* z klasy *Stellarietea mediae* przy użyciu programu NCLAS z pakietu SYNTAX 5.0

Fig. 3. Classification of plant communities* from *Stellarietea mediae* class based on species composition in accordance with Jaccard's formula using the NCLAS program

* Objasnienia – Explanation: 1 – *Veronico agrestis-Fumarietum officinalis*, 2 – *Oxalido-Chenopodietum polyspermi*, 3 – *Euphorbio peplidis-Galinsogietum ciliatae*, 4 – *Spergulo-Echinochloetum cruris-galli*, 5 – *Spergulo arvensis-Scleranthetum annui*

Solidago gigantea wystąpiła wzdłuż brzegów rzek Łeby, Słupi, Grabowej i Parsęty, niekiedy na długości od 2 do 3,5 km (rys. 1). Największą koncentrację płatów *Solidago gigantea* zanotowano: w granicach administracyjnych miasta Słupska, między Ustką i Bydlinem, w okolicach Miastka-Biesowic-Sławna i na południe od Kołobrzegu. W obniżeniach terenowych wzdłuż rzek Łeby i Grabowej *Solidago gigantea* wystąpiła facjalnie w zbiorowiskach: *Impatienti glanduliferae-Convulvuletum sepium* i *Polygonetum cuspidati* (tab. 1), gdzie w warstwie zielonej wystąpiły często gatunki z klasy *Artemisietea vulgaris*. Wzdłuż brzegów Słupi i Parsęty, na siedliskach ruderalnych *Solidago gigantea* tworzy własne zbiorowisko: *Rudbeckio-Solidaginetum* R.Tx. et Raabe in R.Tx 1950 ex Anioł-Kwiatkowska 1974 (tab. 1), wcześniej opisywane jako *Impatienti-Solidaginetum* Moor 1958. Z gatunków charakterystycznych *Rudbeckio-Solidaginetum* najwyższą klasę stałości i współczynnik pokrycia ma *Solidago gigantea*. Stwierdzono w nim gatunki

charakterystyczne dla klasy *Artemisietea*: *Artemisia vulgaris*, *Galium aparine*, *Cirsium arvense*. W zespole *Impatienti glanduliferae-Convolutum sepium* współdominantem była często *Urtica dioica*. Oprócz niej notowano w zdjęciach fitosocjologicznych inne neofity: *Reynoutria japonica* i *Echinocystis lobata*. W zbiorowisku tym zanotowano najniższą liczbę gatunków (36), natomiast w zbiorowisku z wysokim udziałem *Heracleum mantegazzianum* wystąpiło łącznie 51 taksonów. Łącznie w zbiorowiskach z klasy *Artemisietea vulgaris* stwierdzono 104 gatunki (tab. 1).

Tabela 1
Table 1

Zróznicowanie florystyczne zbiorowisk z klasy *Artemisietea vulgaris*
z udziałem *Solidago gigantea* na Pomorzu Środkowym
Floristic differentiation of plant communities from *Artemisietea vulgaris* class
with *Solidago gigantea* on Middle Pomerania

Cl. *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. in R. Tx. 1950

O. *Convolutum sepium* R. Tx. 1950 ex. Lohmeyer 1953 em. Oberd. in Oberd. et al. 1967

All. *Petasition officinalis* Sillinger 1933

A. Ass. *Aegopodio-Petasitetum hybridum* R. Tx. (1937) 1947

B. Ass. *Agropyro repentis-Aegopodietum podagrariae* R. Tx. 1967 em. Neuhäuslová-Novotná et al. 1969

C. Ass. *Urtico-Heracleetum mantegazziani* Klačuk 1988

All. *Senecionion fluviatilis* R. Tx. 1950 ex. Lohmeyer 1953

D. Ass. *Impatienti glanduliferae-Convolutum sepium* (Moor 1958) Hilbig 1972

E. Ass. *Polygonetum cuspidati* (Moor 1958) Th. Müller et Görs 1969 ex Görs 1974

F. Ass. *Rudbeckio-Solidaginetum* R. Tx. et Raabe in R. Tx. 1950 ex Anioł-Kwiatkowska 1974

Syntakson – Syntaxon	A	B	C	D	E	F
1	2	3	4	5	6	7
Liczba zdjęć fitosocjologicznych w tabeli Number of relevés in Table	18	13	23	12	23	14
Liczba gatunków w tabeli Number of species in Table	45	42	51	36	47	46
Średnia liczba gatunków w zdjęciu Average number of species in a relevé	17	20	11	16	18	24
Min.–max. liczba gatunków w zdjęciu Min.–max. number of species in a relevé	11–20	16–24	9–31	14–23	17–29	5–21
Średnie pokrycie roślin w zbiorowisku (%) Average plant coverage in community	91	96	97	98	78	98
Min.–max. pokrycia roślin w zbiorowisku (%) Min.–max. average plant coverage in community	90–100	90–100	90–100	90–100	50–100	95–100
	S	D	S	D	S	D
ChAss. <i>Aegopodio-Petasitetum hybridum</i>						
<i>Petasites hybridus</i>	V 3840					
ChDAss. <i>Agropyro repentis-Aegopodietum podagrariae</i>						
<i>Aegopodium podagraria</i>	V 262	V 4687	IV 816	III 127	V 334	II 145
<i>Lamium album</i>		III 92	III 206	II 25		
ChAss. <i>Urtico-Heracleetum mantegazziani</i>						
<i>Heracleum mantegazzianum</i>			V 3797			
<i>Heracleum sosnowskyi</i>			III 275			
ChAss. <i>Impatienti glanduliferae-Convolutum sepium</i>						
<i>Impatiens glandulifera</i>			II 259	V 4083		

Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

1	2	3	4	5	6	7
ChAss. Polygonetum cuspidati						
<i>Reynoutria japonica</i>				III 108	V 4594	
ChAss. Rudbeckio-Solidagineum						
<i>Solidago gigantea</i>	II 25	III 83	III 459	V 955	III 632	V 7250
<i>Solidago canadensis</i>			II 104		III 130	III 1075
II ChO. Convolvulalia sepium						
<i>Anthriscus sylvestris</i>	V 344	V 250	IV 287	V 233	V 231	III 145
<i>Geum urbanum</i>	III 119	IV 183	III 206	II 78	III 156	II 153
<i>Heracleum sibiricum</i>	III 81	IV 75	III 75	I 55		
<i>Alliaria petiolata</i>	III 69	III 108	III 119	II 111	III 131	II 120
<i>Veronica chamaedrys</i>	II 81	III 141	IV 275	II 78	III 119	II 135
<i>Glechoma hederacea</i>	II 25	III 83	II 87	II 33	III 100	III 136
<i>Calystegia sepium</i>			III 100	V 372		
<i>Humulus lupulus</i>			II 34	V 233		
<i>Impatiens parviflora</i>					IV 75	
<i>Epilobium hirsutum</i>						II 30
III ChCl. Artemisietea						
<i>Urtica dioica</i>	IV 234	V 1653	V 244	V 2278	V 231	V 160
<i>Galium aparine</i>	IV 169	V 216	V 256	IV 146	IV 162	III 140
<i>Artemisia vulgaris</i>	III 218	III 192	III 181	III 100	III 94	V 415
<i>Cirsium arvense</i>	III 150		IV 194		II 75	II 80
<i>Melandrium album</i>	III 50	III 42	III 81	I 55	II 38	II 30
<i>Myosoton aquaticum</i>	III 37			IV 67		II 75
<i>Hypericum perforatum</i>		IV 412	III 181			
<i>Rubus caesius</i>		III 66	II 37	III 144		
<i>Tanacetum vulgare</i>		II 33		I 38		II 75
<i>Rumex obtusifolius</i>					II 25	I 43
<i>Arctium tomentosum</i>						II 57
<i>Convolvulus arvensis</i>						II 28
IV ChCl. Molinio-Arrhenatheretea						
<i>Ranunculus repens</i>	V 231	IV 200	III 181	II 78	IV 275	II 27
<i>Plantago lanceolata</i>	IV 187	III 212		I 33	III 94	II 23
<i>Poa trivialis</i>	III 156	III 108	II 106	III 108	III 94	III 46
<i>Rumex acetosa</i>	II 100	III 142	III 94	I 61	II 75	II 23
<i>Dactylis glomerata</i>	II 25	II 25	V 344	II 25	IV 275	IV 327
<i>Taraxacum officinale</i>	II 25	III 42	III 56	II 72	III 44	
<i>Poa pratensis</i>	II 75				II 63	II 75
<i>Achillea millefolium</i>		II 25	IV 419	II 25	II 75	III 46
<i>Daucus carota</i>			II 112			
<i>Vicia cracca</i>						II 20
V ChCl. Phragmitetea						
<i>Phragmites australis</i>	III 175					
<i>Phalaris arundinacea</i>	II 87					
<i>Carex acutiformis</i>	II 25					
<i>Galium palustre</i>	II 25					
<i>Poa palustris</i>				IV 78		

Tabela 1 cd.
Table 1 cont.

1	2	3	4	5	6	7
VI ChCl. <i>Stellarietea mediae</i>						
<i>Fallopia convolvulus</i>	IV 175	IV 158	IV 275	III 100	IV 219	III 98
<i>Stellaria media</i>		III 117	IV 188	II 205	II 62	II 75
<i>Matricaria maritima</i> subsp. <i>inodora</i>		IV 167	III 225	II 22	III 100	III 132
<i>Myosotis arvensis</i>			III 144		II 56	
<i>Lapsana communis</i>			III 75		II 25	
<i>Vicia hirsuta</i>			II 88			
<i>Galeopsis tetrahit</i>			II 21			
VII Accompanying species						
<i>Senecio jacobaea</i>	IV 129	III 117			II 56	II 75
<i>Chelidonium majus</i>		III 125	III 94			
<i>Cardamine amara</i>	II 137					
<i>Helianthus tuberosus</i>	II 76					
<i>Echinocystis lobata</i>			II 69	III 144		
<i>Cuscuta europaea</i>				III 108		
<i>Angelica archangelica</i> subsp. <i>litoralis</i>				III 100		
<i>Elymus caninus</i>				III 89		
<i>Ajuga reptans</i>					III 94	
<i>Verbascum nigrum</i>						II 21

Gatunki sporadyczne, które wystąpiły wyłącznie w I klasie stałości (w nawiasie – zbiorowisko)

Sporadic taxa occurring only in stability class (in bracket – community)

II *Geranium robertianum* (B, C, E), *Solidago altissima* (C, F), *Fallopia dumetorum* (B)

III *Galeopsis speciosa* (A, F), *Erigeron annuus* (B), *Galeopsis bifida* (C)

IV *Ranunculus acris* (A, C, F), *Euphrasia rostkoviana* (B, C, E), *Holcus lanatus* (B, E, F),

Lysimachia nummularia (C, E, F),

Alopecurus pratensis (C, E), *Lathyrus pratensis* (F), *Trifolium pratense* (A)

V *Iris pseudacorus* (A, E), *Phalaris arundinacea* (C, F), *Mentha aquatica* (A), *Sium latifolium* (A)

VI *Chenopodium album* (B, C, E, F), *Erysimum cheiranthoides* (A, B, E), *Geranium pusillum* (B, E, F),

Polygonum persicaria (A, E),

Senecio vulgaris (D, E), *Sonchus oleraceus* (E, F), *Lactuca serriola* (A), *Mercurialis annua* (B), *Sisymbrium officinale* (F)

VII *Bidens tripartita* (B, E, F), *Cirsium oleraceum* (A, C, F), *Galium mollugo* (A, B), *Lolium perenne* (A, F), *Epilobium palustre* (A, E),

Lythrum salicaria (C, E), *Rumex crispus* (A, C), *Caltha palustris* (A), *Carex hirta* (B), *Potentilla anserina* (C),

Sambucus nigra c (F),

Stachys sylvatica (B), *Torilis japonica* (B), *Trifolium campestre* (F), *Tussilago farfara* (B),

Nawłóć późną notowano również w zbiorowiskach segetalnych z klasy *Stellarietea mediae* R.Tx. et al. in R.Tx. 1950: *Veronico agrestis-Fumarietum officinalis* R.Tx. in Lohmeyer 1949 ex J.Tx. 1955, *Oxalido-Chenopodietum polyspermi* Sissingh 1942 ex 1950, *Euphorbio peplidis-Galinsogetum ciliatae* (Weinert 1956) Pass. 1981 ze związku *Veronico-Euphorbion* Sissingh 1942 ex Pass. 1964 oraz *Spergulo-Echinochloetum cruris-galli* (Kruseman et Vlieger 1939) R.Tx. 1950 nom. invers. i *Spergulo arvensis-Scleranthetum annui* Kuhn 1937 ze związku *Panico-Setarion* Sissingh in Westhoff et al. 1946.

W zbiorowiskach upraw okopowych nawłóć późna występowała z niewielkim pokryciem i niskich klasach stałości. Jedynie w zbiorowisku *Spergulo arvensis-Scleranthetum annui* stwierdzonym na 2–3-letnich odłogach takson ten notowano w III klasie stałości i relatywnie wysokim współczynnikiem pokrycia – D=1090 (tab. 2). Notowano

w nim również najwyższą liczbę gatunków – 73, natomiast najniższą liczbę gatunków (49) zarejestrowano w *Veronico agrestis-Fumarietum officinalis*. W zbiorowiskach upraw okopowych zanotowano łącznie 107 gatunków (tab. 2).

Tabela 2
Table 2

Zróznicowanie florystyczne zbiorowisk chwastów z klasy Stellarietea mediae z udziałem *Solidago gigantea* na Pomorzu Środkowym
Floristic differentiation of weeds communities from Stellarietea mediae class with *Solidago gigantea* on Middle Pomerania

Cl. *Stellarietea mediae* R. Tx. et al. in R.Tx. 1950

O. *Papaveretalia rhoeadis* Hüppe et Hofmeister 1990 ex Brzeg et M. Wojterska 2001

All. *Veronico-Euphorbion* Sissingh 1942 ex Pass. 1964

A. Ass. *Veronico agrestis-Fumarietum officinalis* R. Tx. 1937 in Lohmeyer 1949 ex J.Tx. 1955

B. Ass. *Oxalido-Chenopodietum polyspermi* Sissingh 1942 ex 1950

C. Ass. *Euphorbio peplidis-Galinsogetum ciliatae* (Weinert 1956) Pass. 1981

O. *Aperetalia spicae-venti* J. et R.Tx. in Malato-Beliz et al. 1960 em. Hüppe et Hofmeister 1990All.

Panico-Setarion Sissingh in Westhoff et al. 1946

D. Ass. *Spergulo-Echinochloetum cruris-galli* (Kruseman et Vlieger 1939) R. Tx. 1950 nom. invers.

E. Ass. *Spergulo arvensis-Scleranthetum annui* Kuhn 1937

Syntakson – Syntaxon	A		B		C		D		E	
I	2		3		4		5		6	
Liczba zdjęć fitosocjologicznych w tabeli Number of relevés in Table	19		16		22		13		11	
Liczba gatunków w tabeli Number of species in Table	49		58		61		66		73	
Średnia liczba gatunków w zdjęciu Average number of species in a relevé	29		30		32		26		23	
Min.–max. gatunków w zdjęciu Min.–max. number of species in a relevé	15–29		19–28		15–34		21–31		18–37	
Średnie pokrycie roślin w zbiorowisku (%) Average plant coverage in community	55		94		98		72		96	
Min.–max. pokrycia roślin w zbiorowisku (%) Min.–max. average plant coverage in community	20–80		75–100		85–100		50–90		50–100	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
Ch. D* Ass. <i>Veronico agrestis-Fumarietum officinalis</i>										
<i>Fumaria officinalis</i>	IV	980			II	152	I	76		
<i>Chamomilla recutita</i> *	III	142	III	228						
<i>Anchusa arvensis</i> *	III	287	II	127	II	112	II	23	II	46
Ch. D* Ass. <i>Oxalido-Chenopodietum polyspermi</i>										
<i>Chenopodium polyspermum</i>			V 1543							
<i>Lapsana communis</i> *	II	35	III	93						
<i>Polygonum lapathifolium</i> subsp. <i>lapathifolium</i> *			III	118	I	18	II	78	I	57
<i>Oxalis fontana</i>			III	75			II	71	I	19
Ch. D* Ass. <i>Euphorbio peplidis-Galinsogetum ciliatae</i>										
<i>Galinsoga ciliata</i>			I	18	V	2456				
<i>Galinsoga parviflora</i>					IV	375	III	179		
<i>Euphorbia peplus</i> *					II	65	I	15		
<i>Malva neglecta</i> *					I	16	II	23	II	36

Tabela 2 cd.
Table 2 cont.

1	2		3		4		5		6	
Ch. D* Ass. <i>Spergulo-Echinochloetum cruris-galli</i>										
<i>Echinochloa crus-galli</i>			III	93	III	112	V	1528	I	34
<i>Sonchus arvensis</i> subsp. <i>arvensis</i> *	II	45	II	31	I	18	II	78	II	72
ChAss. <i>Spergulo arvensis- Scleranthetum annui</i>										
<i>Raphanus raphanistrum</i>					II	65	II	23	V	1142
<i>Scleranthus annuus</i>			II	127	III	46	III	171	IV	394
<i>Spergula arvensis</i> subsp. <i>arvensis</i>			IV	118	II	71	V	346	III	277
II ChO. <i>Papaveretalia rhoeadis</i>, ChAll. <i>Veronico-Euphorbion</i>										
<i>Chenopodium album</i>	IV	180	IV	128	III	46	IV	135	I	95
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	IV	75	III	269	II	136	V	142	II	38
<i>Polygonum lapathifolium</i> subsp. <i>pallidum</i>	III	85	II	56			II	42	II	33
<i>Lamium purpureum</i>	II	25	I	18						
<i>Lamium amplexicaule</i>	I	69			I	54				
<i>Geranium pusillum</i>	I	16								
III ChO. <i>Aperetalia spicae-venti</i>, ChAll. <i>Scleranthion annui</i>										
<i>Centaurea cyanus</i>	IV	390	IV	346	V	416	V	610	V	277
<i>Vicia hirsuta</i>	III	95	IV	181	III	58	II	325	IV	150
<i>Rumex acetosella</i>			IV	93	III	112	IV	517	V	1528
<i>Vicia villosa</i>			III	56	I	18				
<i>Vicia sativa</i>	III	45	I	18	I	36	I	15	II	21
<i>Erodium cicutarium</i>	II	25	II	31	I	36	III	42	II	36
<i>Vicia angustifolia</i>	I	16			I	18	IV	182	II	292
<i>Aphanes arvensis</i>							I	46	II	67
<i>Veronica hederifolia</i>							I	15	II	23
IV. ChCl. <i>Stellarietea mediae</i>										
<i>Stellaria media</i>	V	437	IV	126	I	18	IV	128	III	54
<i>Galeopsis tetrahit</i> var. <i>arvensis</i>	V	347	V	418	IV	96	IV	93	II	28
<i>Fallopia convolvulus</i>	V	187	IV	150	V	200	IV	192	V	263
<i>Matricaria maritima</i> subsp. <i>inodora</i>	IV	702	V	796	II	58	IV	135	III	78
<i>Myosotis arvensis</i>	IV	90	V	456	III	79	V	142	IV	145
<i>Viola arvensis</i>	III	80	V	137	IV	248	V	260	IV	114
<i>Polygonum aviculare</i>	III	70	III	43	II	37	IV	64	III	163
<i>Veronica arvensis</i>	II	25	III	56	II	33	III	42	III	90
<i>Polygonum persicaria</i>	II	25	I	18			II	35	I	19
<i>Thlaspi arvense</i>	I	16			III	45				
<i>Conyza canadensis</i>			II	56					V	257
<i>Erysimum cheiranthoides</i>			II	25	II	58	IV	128	III	54
<i>Anagallis arvensis</i>			I	18	I	18			I	19
<i>Tussilago farfara</i>							II	35	II	63
V ChCl. <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>										
<i>Cerastium holosteoides</i>	III	70	III	81	III	108				
<i>Trifolium repens</i>	II	65	III	75	II	33	II	21	I	19
<i>Poa annua</i>	II	30	II	56	I	16	II	35	II	63
<i>Rumex crispus</i>	II	25	II	25			I	15	I	19

Tabela 2 cd.
Table 2 cont.

1	2		3		4		5		6	
<i>Achillea millefolium</i>	I	68	V	921	III	54	V	264	IV	295
<i>Taraxacum officinale</i>	I	16	III	100	I	36				
<i>Holcus lanatus</i>			V	656						
<i>Plantago lanceolata</i>			IV	131						
<i>Daucus carota</i>			III	118						
<i>Phleum pratense</i>			III	106						
<i>Rumex acetosa</i>			II	81						
<i>Plantago major</i>			II	56	I	36	I	15	I	19
VI ChCl. Artemisietea vulgaris										
<i>Solidago gigantea</i>	II	65	II	56	II	58	II	35	III	1090
<i>Solidago canadensis</i>	II	45			I	36	I	15	II	21
<i>Cirsium arvense</i>	IV	212	V	875	II	50	IV	135	IV	250
<i>Elymus repens</i>	IV	222	V	390	III	246	V	575	V	686
<i>Equisetum arvense</i>	III	152	IV	265	III	142	III	114	V	231
<i>Convolvulus arvensis</i>	II	80	II	50	II	25	II	21	I	19
<i>Artemisia vulgaris</i>	II	35	III	75	I	36	III	50	II	72
<i>Melandrium album</i>	II	25	II	25			I	15	II	63
<i>Galium aparine</i>	I	16	I	18			III	50	II	36
VII ChCl. Koelerio glaucae-Coryneporetea canescentis										
<i>Trifolium arvense</i>					II	25	V	178	V	350
<i>Jasione montana</i>									III	163
<i>Helichrysum arenarium</i>									III	107
<i>Corynephorus canescens</i>									III	50
<i>VIII Accompanying species</i>										
<i>Holcus mollis</i>	II	25	III	75	II	47	III	50	III	90
<i>Senecio jacobaea</i>			II	31					III	107
<i>Arenaria serpyllifolia</i>					II	100	III	42	I	19
<i>Erophila verna</i>					II	75				
<i>Agrostis capillaris</i>					I	36	II	35	I	19
<i>Solidago virgaurea</i>					I	18	II	15	IV	774

Gatunki sporadyczne, które wystąpiły wyłącznie w I klasie stałości (w nawiasie – zbiorowisko)

Sporadic taxa occurring only in stability class (in bracket – community)

II *Euphorbia helioscopia* (C, D), *Sinapis arvensis* (C, E), *Thlaspi arvense* (C, D), *Veronica persica* (C, E), *Sonchus asper* (A)

III *Avena fatua* (D, E), *Bromus secalinus* (A), *Crepis tectorum* (C)

IV *Senecio vulgaris* (B, D, E), *Veronica persica* (E)

V *Ranunculus repens* (A, C, D, E), *Trifolium pratense* (A, C, D), *Centaurea jacea* (D), *Prunella vulgaris* (E)

VI *Lamium album* (A, C, D), *Galeopsis speciosa* (B, E), *Tanacetum vulgare* (E), *Urtica dioica* (E)

VII *Hieracium pilosella* (E), *Sedum acre* (E), *Veronica dillenii* (E)

VIII *Medicago lupulina* (A, D, E), *Lupinus luteus* (C, E), *Cardaminopsis arenosa* (D), *Erigeron acris* (E), *Myosotis stricta* (D),

Populus tremula c (E), *Secale cereale* (A), *Stellaria graminea* (B), *Trifolium medium* (D), *Quercus rubra* c (D),

Analiza wskaźników biocenotycznych (wskaźniki różnorodności Shannona-Wienera i Simpsona oraz bogactwa gatunkowego) wykazała stosunkowo wyższe ich wartości dla grupy zbiorowisk segetalnych. Natomiast wskaźniki siedliskowe, szczególnie wskaźnik wilgotności, odczynu gleby i trofizmu są relatywnie wyższe dla grupy zbiorowisk ruderalnych (tab. 3).

Tabela 3
Table 3

Wskaźniki biocenotyczne i siedliskowe zbitorowisk z udziałem *Solidago gigantea* z klas *Artemisieteta vulgaris* (kolumna 1–6) i *Stellarieteta mediae* (kolumna 7–11)* na Pomorzu Środkowym
The biocenotic and habitat indicators of communities with *Solidago gigantea* from *Artemisieteta vulgaris* (column 1–6) and *Stellarieteta mediae* (column 7–11)* classes on Middle Pomerania

Syntaxon →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Wskaźnik Shannona-Wienera Shannon-Wiener Index	1,63	2,28	1,22	2,07	1,92	2,51	2,07	2,61	2,58	2,38	2,26
Wskaźnik równomierności Pielou Pielou Uniformity Index	0,57	0,75	0,51	0,72	0,67	0,79	0,66	0,77	0,69	0,68	0,72
Wskaźnik bogactwa gatunkowego Richness Index	17,80	20,63	11,44	16,24	18,83	24,12	29,68	30,12	32,19	26,78	23,84
Współczynnik różnorodności Simpsona Simpson Dominance Index	0,59	0,80	0,47	0,76	0,70	0,82	0,71	0,84	0,73	0,76	0,78
Wskaźnik świetlne – Light Index	6,47	6,49	5,71	6,35	6,50	6,51	6,69	6,94	6,62	6,72	6,89
Wilgotność – Moisture	6,32	5,39	5,70	5,27	5,44	6,43	4,90	4,79	4,54	4,81	4,67
Odczyn gleby – Soil reaction	6,82	6,63	6,90	6,48	6,53	6,86	6,37	5,02	5,39	5,64	4,49
Wskaźnik trofizmu – Nutrients Index	7,10	7,02	6,70	6,63	6,78	7,08	6,04	5,42	5,36	6,02	5,30
Kontynentalizm – Continentality	3,56	3,76	3,62	3,76	3,47	3,81	4,28	4,07	4,15	4,31	4,03

* Objaśnienia – Explanation: 1 – *Aegopodio-Petasitetum hybridi*, 2 – *Agropyro repentis-Aegopodietum podagrariae*, 3 – *Heracleetum mantegazziani*, 4 – *Impatiens glanduliferae-Convolvuletum sepium*, 5 – *Polygonetum cuspidati*, 6 – *Rudbeckio-Solidaginetum*, 7 – *Veronico agreris-Fumarietum officinalis*, 8 – *Oxalido-Chenopodietum polyspermi*, 9 – *Euphorbio peplidis-Galinsogetum ciliatae*, 10 – *Spergulo-Echinochloetum cruris-galli*, 11 – *Spergulo arvensis-Scleranthetum annui*

Na podkreślenie zasługują najwyższe wskaźniki: różnorodności Shannona-Wienera i Simpsona oraz warunków świetlnych wyliczone dla zbiorowiska *Oxalido-Chenopodietum polyspermi*. Zespół szczawika żółtego i komosy wielonasiennej jest zbiorowiskiem azonalnym związanym z żyznymi glebami typu średniej i ciężkiej mady w strefie akumulacyjnej w dolinach rzecznych (Wójcik 2001). Na Pomorzu Środkowym występuje na madach lekkich niewielkich dopływów rzeki Słupi: Głaźny i Kwaczy oraz rzeki Wieprzy: Moszczenicy i Rakówki. Notowano jego obecność na madach średnich w dolinie rzeki Silnicy (Sobisz 1997).

WNIOSKI

1. *Solidago gigantea* jest ekspansywnym kenofitem i łatwo wnika do nitrofilnych zbiorowisk okrajkowych, welonowych oraz zbiorowisk upraw okopowych. Obserwowany był w biotopach śródpolnych: parkach dworskich, poboczach dróg, obrzeżach łąk i pastwisk, rowów, kanałów melioracyjnych i oczek śródpolnych, ugorach i nieużytkach.

2. Nawłoc późna jest jednym z gatunków, który do swojego rozprzestrzeniania wykorzystuje doliny rzek jako specyficznych korytarzy ekologicznych. Na terenie Pomorza Środkowego na siedliskach ruderalnych w dolinach rzek Słupi i Parsęty tworzy ona wraz z *Solidago canadensis* własne zbiorowisko *Rudbeckio-Solidaginetum*.

3. W zbiorowiskach upraw okopowych nawłoc późna występowała z niewielkim pokryciem i niskich klasach stałości. Jedynie w zbiorowisku *Spergulo arvensis-Scleranthetum annui* stwierdzonym na 2–3-letnich odłogach takson ten wystąpił z relatywnie wysokim współczynnikiem pokrycia.

4. W składzie florystycznym zbiorowisk oprócz nawłoci późnej i kanadyjskiej stwierdzono inne gatunki obce, zadomowione w Polsce: *Echinocystis lobata*, *Helianthus tuberosus*, *Heracleum mantegazzianum*, *H. sosnowskyi*, *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora* i *Reynoutria japonica*.

PIŚMIENNICTWO

- Anioł-Kwiatkowska J., 1974. Flora i zbiorowiska synantropijne Legnicy, Lubina i Polkowic. Acta Univ. Wrat. no 229, Prace Bot. XIX: 1–152.
- Dajdok Z., Śliwiński M., 2009. Rośliny inwazyjne Dolnego Śląska. Polski Klub Ekologiczny – Okręg Wrocławski.
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D., 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica, 18: 3–248.
- Guzikowa M., Maycock P.F., 1986. The invasion and expansion of three North American species of goldenrod (*Solidago canadensis* L. sensu lato, *S. gigantea* Ait. and *S. graminifolia* (L.) Salisb.) in Poland. Acta soc. Bot. Pol., 55(1): 367–384.
- Hennekens S.M., Schaminée J.H.J., 2001. TURBOVEG, a comprehensive database management system for vegetation data. J. Veg. Sci. 12.

- Holzfuß E., 1937. Beitrag zur Adventivflora von Pommern. Dohriana, 16: 94–130.
- Jakobs G., Weber E., Edwards P.J., 2004. Introduced plants of the invasive *Solidago gigantea* (Asteraceae) are larger and grow denser than conspecific in the native range. Diversity Distrib., 10: 11–19.
- Kondracki J., 2004. Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne. PWN, Warszawa.
- Kornaś J., 1968. Prowizoryczna lista nowszych przybyszów synantropijnych (kenofitów) zdomowionych w Polsce, [w:] Faliński J.B. (ed.) Synantropizacja szaty roślinnej. I. Neofityzm i apofityzm w szacie roślinnej Polski. Mater. Zakł. Fitosoc. Stos. Uniw. Warszawskiego, 25: 43–53.
- Kornaś J., 1981. Oddziaływanie człowieka na florę: mechanizmy i konsekwencje. Wiad. Bot., 25(3): 165–182.
- Meusel H., Jäger E., Bräutigam S., Knapp H.-D., Rauschert S., Weinert E., 1992. Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora. Bd., 3: 422–688.
- Mirek Z., 1981. Problemy klasyfikacji roślin synantropijnych. Wiad. Bot., 25(1): 45–54.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac M., Zajac A., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland – a checklist. Biodiversity of Poland, 1: 9–442.
- Nowak A., Kaćki Z., 2009. Gatunki z rodzaju *Solidago* spp., [w:] Dajdok Z., Pawlaczyk P. (red.) Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów moradłowych Polski. Wyd. Klub Przyrodników: 80–86.
- Pawłowski B., 1977. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania, [w:] Szafer W., Zarzycki K. (red.) Szata roślinna Polski, 1: 237–269.
- Podani J., 1993. Syn-Tax – pc. Computer Programs for Multivariate Data Analysis in Ecology and Systematics. Version 5.0. User's Guide. Scientia Publishing, Budapest.
- Pyšek P., Sádlo J., Mandák B., 2002. Catalogue of alien plants of the Czech Republic. Preslia, 74: 97–186.
- Ratyńska H., Wojterska M., Brzeg A., 2010. Multimedialna encyklopedia zbiorowisk roślinnych Polski. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie, CD 1–2.
- Sneath P.H.A., Sokal R.R., 1973. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. Freeman, San Francisco, CA, 15.
- Sobisz Z., 1997. Zróżnicowanie zbiorowisk segetalnych na tle warunków siedliskowych półpółnocnej części Pojezierza Krajeńskiego. Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska Akademii Rolniczej w Szczecinie. Mscr. pracy doktorskiej.
- Sobisz Z., 2010. Badania nad rozmieszczeniem roślin inwazyjnych na Pomorzu Środkowym: *Solidago gigantea* Aiton. Instytut Biologii i Ochrony Środowiska, Akademia Pomorska w Słupsku (mskr.).
- Tichý L., 2002. JUICE, software for vegetation classification. J. Veg. Sci. 13.
- Tokarska-Guzik B., 2005. The establishment and spread of alien plants species (kenophytes) in the flora of Poland. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- Tokarska-Guzik B., 2005. Invasive ability of kenophytes occurring in Poland: a tentative assessment. Neobiota, 6: 47–65.
- Török K., Botta-Dukát Z., Dancza I., Németh I., Kiss J., Mihály B., Magyar D., 2003. Invasion gateways and corridors in the Carpathian Basin: biological invasion in Hungary. Biol. Invasions, 5: 349–356.
- Weber E., Jakobs G., 2005. Biological flora of central Europe: *Solidago gigantea* Aiton. Flora, 200: 109–118.

- Wróbel M., 2007. Roadside vegetation adjoining to the areas excluded from agricultural use in the Szczecin Lowland, [w:] Spontaneous flora and vegetation in land used for non-agricultural purposes. Acta Botanica Warmiae et Masuriae, 4: 361–376.
- Wójcik Z., 2001. *Oxalido-Chenopodietum polyspermi* Sissingh 1942 – zespół chwastów upraw okopowych dolin rzecznych i podgórzy w Polsce. Prace Geograficzne, 178: 87–117.
- Zajac A., 1978. Założenia metodyczne „Atlasu rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce”. Wiad. Bot., 23(3): 145–155.
- Zajac E.U., Zajac A., 1975. Lista archeofitów występujących w Polsce. Zesz. Nauk. UJ, Prace Bot., 3: 7–16.
- Zajac A., Zajac M. (red.), 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Pracownia Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki UJ: 528.
- Zajac A., Zajac M., Tokarska-Guzik B., 1998. Kenophytes in the flora of Poland: list, status and origin. Phytocoenosis 10 (N.S.) Suppl. Cartogr. Geobot., 9: 107–116.
- Zaliberová M., Jarolimek I., 2003. Distribution of the plant communities of the order *Convolvuleta-lia sepium* in Slovakia, [in:] Zajac A., Zajac M., Zemanek B. (red.) Phytogeographical problems of synanthropic plants. Institute of Botany Jagiellonian University, Cracow: 283–291.

PARTICIPATION OF *SOLIDAGO GIGANTEA* AITON IN PLANT COMMUNITIES OF CHOSEN MIDFIELD BIOTOPES ON CENTRAL POMERANIA

S u m m a r y

The paper presents the results of the research on ruderal and segetal communities with *Solidago gigantea* on Middle Pomerania (North Poland). Giant goldenrod introduced from Northern America, was first observed on Middle Pomerania in the 1868 year. Today, it is one of the weeds causing high severe economic and nature conservation losses. It especially infests perennial crops, former manor parks, fallows, meadows and pastures. *Solidago gigantea* is one of the species that use stream and river valleys as specific ecological corridors along which they disperse. Giant goldenrod was found on the banks of the Łeba, Słupia, Grabowa and Parsęta rivers. The species sometimes forms closed, mono-dominant populations of several hectares, occupying habitats of native plants species.

Phytocoenoses where species was found were subject to phytosociological analysis by taking phytosociological relevés of the patches where it grew, using Braun-Blanquet's method. Patches of perennial herbaceous vegetation from *Artemisietea vulgaris* class with *Solidago gigantea* were classified as: *Aegopodio-Petasitetum hybridii*, *Agropyro repentis-Aegopodietum podagrariae*, *Heracleeteum mantegazziani* from *Petasition officinalis* alliance, *Impatienti glanduliferae-Convolvuletum sepium*, *Polygonetum cuspidati* from *Senecionion fluviatile* alliance. Some individuals of *Solidago gigantea* were noted in such segetal plant communities from *Stellarietea mediae* class as: *Veronico agrestis-Fumarietum officinalis*, *Oxalido-Chenopodietum polyspermi*, *Euphorbio peplidis-Galinsogietum ciliatae* from *Veronico-Euphorbion* alliance, *Spergulo-Echinochloetum cruris-galli* and *Spergulo arvensis-Sclerantheum annui* from *Panico-Setarion* alliance.

KEY WORDS: *Solidago gigantea*, ruderal and segetal communities, midfield biotopes, kenophytes, Central Pomerania

**Justyna Święczkowska¹, Czesław Hołdyński¹, Tadeusz Korniak¹,
Katarzyna Wąsowicz¹, Katarzyna Kaczorowska²**

**MOZGA TRZCINOWATA *PHALARIS ARUNDINACEA* L.
JAKO ROŚLINA ENERGETYCZNA**

**REED CANARYGRASS *PHALARIS ARUNDINACEA* L.
AS A BIOFUEL CROP**

¹*Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Department of Botany and Nature Protected, University of Warmia and Mazury
in Olsztyn*

²*Katedra Genetyki i Ogólnej Hodowli Zwierząt, SGGW w Warszawie
Department of Genetics and Animal Breeding, Warsaw University of Life Sciences
– SGGW*

Na podstawie dostępnej literatury oraz badań własnych dokonano oceny możliwości wykorzystania mozgi trzcinowatej w celach energetycznych. Wieloletnie badania prowadzone w Skandynawii świadczą o tym, że jest to jedna z bardziej obiecujących roślin, które mogłyby zostać wykorzystane w energetyce. Badania własne przeprowadzono na terenie Puszczy Boreckiej, skąd pobrano próby części nadziemnych mozgi trzcinowatej. Pozyskany materiał roślinny poddano analizie pod kątem wysokości plonowania łąk mozgowych, wartości opałowej, ciepła spalania, wilgotności, zawartości popiołu oraz wybranych pierwiastków (C, H, N, S, Cl) w otrzymanej biomase. Dość wysoka wartość opałowa (17,43 MJ·kg⁻¹ s.m.) i ciepło spalania (18,73 MJ·kg⁻¹ s.m.), a także niska wilgotność całkowita (9,2%) i zawartość popiołu (4,03%) świadczą, że badany gatunek nadaje się do wykorzystania w celach energetycznych. Pewną wadą materiału opałowego pozyskanego z mozgi trzcinowatej jest wysoka zawartość chloru, która sięga aż 0,66% suchej masy. Wysoki udział tego pierwiastka w suchej masie roślin energetycznych, jest niepożądany z powodu wystąpienia zagrożenia żużlowaniem i nie powinien przekraczać 0,3%.

SŁOWA KLUCZOWE: mozga trzcinowata *Phalaris arundinacea*, zawartość popiołu, biomasa, wartość opałowa, ciepło spalania

Do cytowania – For citation: Święczkowska J., Hołdyński Cz., Korniak T., Wąsowicz K., Kaczorowska K., 2012. Mozga trzcinowata *Phalaris arundinacea* L. jako roślina energetyczna. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 129–136.

WSTĘP

W związku ze stałym zmniejszaniem się zasobów konwencjonalnych źródeł energii oraz pogorszeniem sytuacji ekologicznej, wywołanym emisją gazów cieplarnianych, w wielu krajach obserwuje się wzrost zainteresowania uprawą roślin energetycznych. Gatunki wykorzystywane w celach energetycznych powinny odznaczać się wysoką wartością opałową, ciepłem spalania, niską wilgotnością, a także niską zawartością popiołu i niepożądanych pierwiastków, tj. Cl, S, N. W Polsce – jako rośliny energetyczne wykorzystywane są najczęściej gatunki obcego pochodzenia, tj. ślázowiec pensylwański *Sida hermaphrodita*, miskant olbrzymi *Miscanthus x giganteus*, słonecznik bulwiasty *Helianthus tuberosus*, palczatka Gerarda *Andropogon gerardii*, rdest sachaliński *Reynoutria sachalinensis*.

Oprócz wymienionych gatunków istnieje wiele rodzimych roślin zielnych, które mają szansę sprawdzić się jako rośliny energetyczne. Należą do nich wysokie, wieloletnie trawy, tj. mozga trzcinowata *Phalaris arundinacea*, trzcina pospolita *Phragmites communis*, manna mielec *Glyceria maxima*, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata*, kostrzewa trzcinowata *Festuca arundinacea*, tymotka łąkowa *Phleum pratense*, rajgras wyniosły *Arrhenatherum elatius*.

Racjonalne wykorzystanie biomasy stałej pochodzenia nieleśnego wiąże się jednak z koniecznością uprzedniego rozpoznania jej właściwości paliwowych, obejmującego również wyznaczenie udziałów gramowych chloru i siarki oraz ocenę stosunku tych dwóch wielkości, wywierającego istotny wpływ na technologię przetwarzania i efektywnego wykorzystania poszczególnych rodzajów tej biomasy (Król i wsp. 2010).

Od 1990 r. w Szwecji i Finlandii (Sahramaa 2003), a także w Anglii (El Bassam 1998) prowadzone są badania nad wykorzystaniem mozgi trzcinowatej w celach energetycznych. Z badań tych wynika, że 1 ha mozgi trzcinowatej wystarczy, aby zapewnić energię dla przeciętnego domu jednorodzinnego (20 MWh) (Sahramaa 2003). Fakt ten sprawia, że jest to jedna z najbardziej perspektywicznych roślin energetycznych w Finlandii.

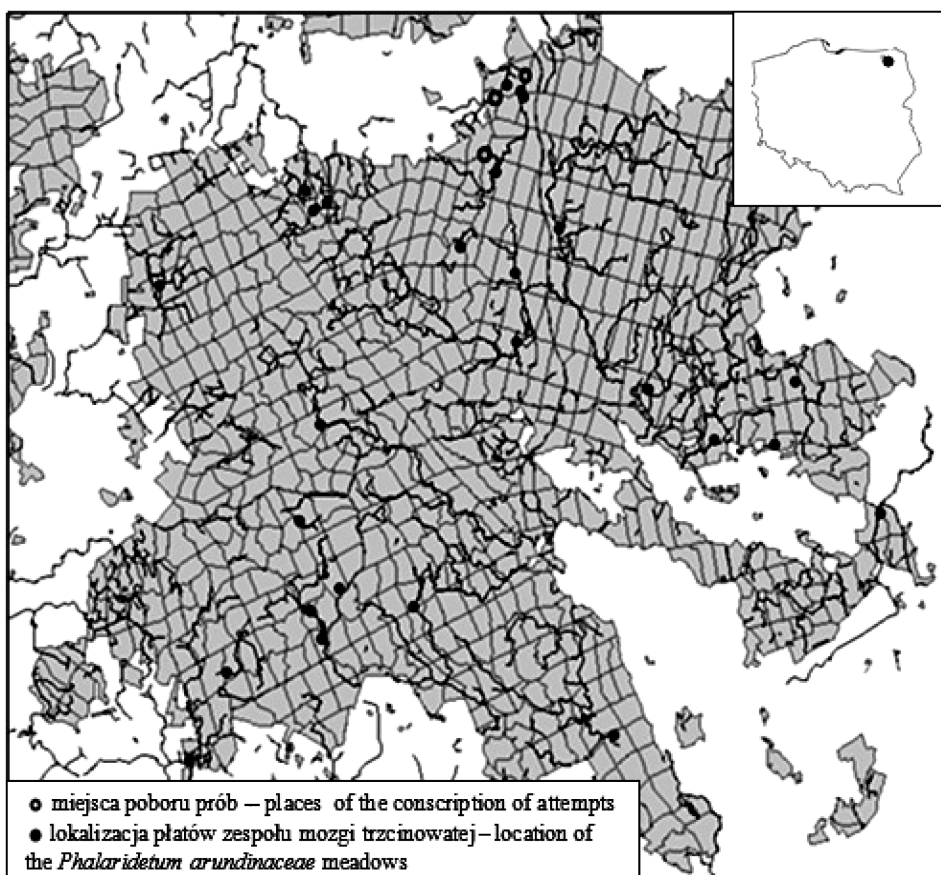
Celem badań było określenie przydatności mozgi trzcinowatej, jako surowca w odnawialnych źródłach energii na podstawie jej wydajności plonowania i najważniejszych parametrów termofizycznych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w roku 2011 na terenie Puszczy Boreckiej, gdzie zespół mozgi trzcinowatej zajmuje powierzchnię ok. 25 ha, a wielkość jego płatów waha się w granicach 0,1–4 ha (rys. 1). Jego fitocenozy wykształcają się głównie w pobliżu rowów melioracyjnych oraz w miejscach, gdzie zaniedbano konserwację urządzeń odwadniających. Jedynym zabiegiem agrotechnicznym realizowanym na łąkach mozgowych w Puszczy Boreckiej, jest jednokrotne koszenie w roku (druga połowa lipca).

W pełni okresu wegetacyjnego z trzech najbardziej jednolitych płatów zespołu mozgi trzcinowatej, będącej w fazie owocowania, pobrano z powierzchni 1 m² próbki jej części nadziemnych. Na ich podstawie oszacowano wysokość plonowania łąk mozgowych. Poyzyskaną biomasę poddano analizie pod kątem: zawartości popiołu w stanie powietrzno-

-suchym, pomiaru wilgotności całkowitej, wartości opałowej, ciepła spalania i zawartości wybranych pierwiastków (C, N, H, S, Cl). Zawartość popiołu, wilgotność całkowita oraz oznaczenie ciepła spalania i wartości opałowej wykonano na kalorymtrze KL-12MN wg PN-81 G-04513 w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym w Warszawie. Badania zawartości pierwiastków wykonano na analizatorze elementarnym „elementar vario MACRO”. Dla każdej próby wykonano po 3 pomiary, z których wyliczono średnią arytmetyczną.



Rys. 1. Lokalizacja płatów zespołu mozgi trzcinowatej oraz miejsc poboru prób na terenie Puszczy Boreckiej

Fig. 1. Location of the *Phalaridetum arundinaceae* meadows and places of the conscription of attempts in the area of the Borecka forest

WYNIKI I OMÓWIENIE

Jednym z ważniejszych parametrów, jaki brany jest pod uwagę przy ocenie przydatności roślin do celów energetycznych, jest wysoka wydajność plonowania. W dużej mierze zależy ona od rodzaju gleby, odmiany, pory zbioru i poziomu nawożenia azotowego. Z badań Landstroma i wsp. (1996) oraz Jasinskasa i wsp. (2008) wynika, że największą wydajność uzyskuje się, dokonując zbioru późną jesienią, kiedy plon suchej masy kształtuje się na poziomie 7–9 t·ha⁻¹, zbiory przeprowadzane latem wahają się od 7–8 t·ha⁻¹, a wczesną wiosną następnego roku są średnio o 10–20% niższe.

Średnia wysokość plonu suchej masy pozyskanego w okresie letnim z naturalnych nienawożonych łąk mozgowych w Puszczy Boreckiej wyniosła 6,83 t·ha⁻¹ (tab. 1). Podobne wyniki otrzymali dla łąk mozgowych w Dolinie Baryczy Kryszak i wsp. (2007), gdzie plon suchej masy wyniósł 5,8–6,7 t·ha⁻¹. Z kolei według Grzelaka (2009) wydajność łąk mozgowych może być znacznie wyższa i w badaniach przeprowadzonych przez tego autora dla podzespołu *Phalaridetum arundinaceae typicum* wyniosła 13 t·ha⁻¹. Wysokość plonowania mozgi trzcinowatej w dużym stopniu można zwiększyć, stosując odpowiedni poziom nawożenia azotowego. Malzer i Schloper (1984) uważają, że średni plon otrzymywany z upraw mozgi trzcinowatej może wzrosnąć aż o 121%, kiedy dostarczy się jej dawki nawozu azotowego w wysokości 336 kg N·ha⁻¹.

Tabela 1

Table 1

Wysokość plonowania i charakterystyka wartości energetycznej mozgi trzcinowatej
Height of yield and characteristic of energy value of *Phalaris arundunacea*

Parametr Parametr	Próba 1 Sample 1	Próba 2 Sample 2	Próba 3 Sample 3	Średnia Average
Wartość opałowa (MJ·kg ⁻¹ s.m.) Energy value	17,5	17,5	17,3	17,43
Ciepło spalania (MJ·kg ⁻¹ s.m.) Heat of combustion	18,8	18,8	18,6	18,73
Wydajność (t s.m·ha ⁻¹) Height of yield	7	7	6,5	6,83
Wilgotność całkowita (%) Moisture	9,09	9,28	9,24	9,2
Zawartość popiołu w s.m. (%) Ash content	3,6	3,9	4,8	4,03

Spośród traw introdukowanych największą produktywnością odznaczają się gatunki z rodzaju miskant. W Danii jego produktywność wyniosła 15–25 t·ha⁻¹, w Austrii 22 t·ha⁻¹, a w Niemczech na glebach dobrych do 24 t·ha⁻¹ (Scurlock 1999). Stosunkowo dużą fitomasę tworzy ślazier pensylwański, która waha się w granicach 10–17 t·ha⁻¹ w zależności od sposobu rozmnażania i rodzaju podłoża (Szczukowski, Tworowski 2005).

W roślinach wykorzystywanych w energetyce zwraca się także uwagę na wilgotność fitomasy przeznaczonej do spalania. Wysoka wilgotność materiału pozyskiwanego z niektórych gatunków jest wadą w kontekście ich wykorzystania energetycznego. Przeciętna wilgotność całkowita biomasy mozgi trzcinowatej pozyskanej w badaniach własnych wynosiła 9,2% (tab. 1). Jeszcze niższą wilgotnością całkowitą (6,8%) charakteryzował się materiał pozyskany z łąk mozgowych przez Dadracha i wsp. (2007). W przypadku innych roślin wykorzystywanych w energetyce parametr ten osiąga bardzo różne wartości. Przykładowo Kowalczyk-Juško (2009) podaje, że wilgotność w próbkach pozyskanych z miskanta cukrowego wyniosła 7,7%, spartiny preriowej – 13,5%, natomiast w materiale z róży bezkońcowej aż 14,6%. Rośliny zielne, których części nadziemne zasychają po zakończeniu sezonu wegetacyjnego, mają dużą zawartość suchej masy bez konieczności dosuszania, co przekłada się również na małą wilgotność próbek (Kowalczyk-Juško 2009).

Do ważnych parametrów termofizycznych fitomasy, które decydują o możliwości wykorzystania danej rośliny do celów energetycznych, należą wartość opałowa i ciepło spalania. Parametry te zależą przede wszystkim od składu chemicznego i wilgotności materiału (Grzelak 2009). Materiał opałowy pochodzący z pobranych prób odznaczał się wysoką wartością opałową i ciepłem spalania. Ich średnie wartości wyniosły odpowiednio $17,43 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ oraz $18,73 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ (tab. 1). Podobne wyniki wartości opałowej i ciepła spalania, po $17 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, otrzymał Dadrach (2007). Jeszcze wyższe wartości tych dwóch parametrów uzyskał Grzelak (2009). W badaniach tego autora wartość opałowa materiału pozyskanego z mozgi trzcinowatej wyniosła $18,2 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, a ciepło spalania $19,4 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Istotnym parametrem materiału opałowego jest zawartość popiołu w suchej masie. Powstaje on jako odpad ze spalania każdego paliwa stałego. Popielność analizowanych prób wahała się w granicach 3,6–4,8% (tab. 1). Wartości te zbliżone są do wyników uzyskanych przez Ollsona (1999). Autor ten podaje, że zawartość popiołu w suchej masie pozyskanej z mozgi trzcinowatej wyniosła 3,6%. Jego zdaniem może ona liczyć od 1 do 16% i zależy od jakości gleby, a szczególnie zawartości części gliniastych. Badania przeprowadzone przez Rogalskiego i wsp. (2005) wskazują, że zawartość popiołu w suchej masie pozyskanej z części nadziemnych mozgi trzcinowatej może być znacznie wyższa i osiągać nawet 12,8%. W przypadku gatunków, które obecnie zaliczane są do roślin energetycznych, zawartość popiołu znacznie się waha. Kowalczyk-Juško (2009) podaje, że nadziemne części słonecznika bulwiastego w stanie powietrzno-suchym zawierały 5,1% popiołu, miskana cukrowego – 3,5%, a spartiny preriowej – 3,6%.

O wartości opałowej i ciepła spalania paliwa decyduje zawartość węgla i wodoru. Średnia zawartość węgla i wodoru w materiale opałowym pozyskanym z mozgi trzcinowatej wyniosła odpowiednio 45,1 i 5,8% (tab. 2). Są to wartości znacznie niższe w porównaniu z paliwami kopalnymi, np. gazem naturalnym, który zawiera 75% węgla i 24% wodoru (Gierasimczuk i wsp. 2009). Dla porównania, biomasa pozyskana z miskanta olbrzymiego miała 49,88% węgla i 5,92% wodoru (Król i wsp. 2010).

Biomasa niedrzewna bardzo często charakteryzuje się stosunkowo dużym udziałem chloru i siarki, co ma negatywny wpływ na eksploatację kotłów grzewczych.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w biomase pozyskanej z mozgi trzcinowatej zawartość siarki wynosi średnio 0,27%. Siarka, która jest obecna w paliwach w różnych związkach, uwalnia się w procesie spalania, utleniając się do tlenków siarki. Obecność tych związków, podobnie jak metali alkalicznych, może intensyfikować wysokotempera-

turową korozję elementów stalowych kotłów energetycznych, albowiem powodują one tworzenie się osadów siarczanów: potasu (K_2SO_4) i sodu (Na_2SO_4) (Król i wsp. 2010).

Zawartość chloru w próbach z mozgi trzcinowatej waha się w granicach 0,57–0,75% (tab. 2). Porównując, procentowa zawartość chloru w trzcinie pospolitej pozyskanej z terenów Biebrzańskiego Parku Narodowego stanowiła od 0,12 do 0,14% suchej masy (Jordan i wsp. 2008). Wysoka zawartość tego pierwiastka stwarza duże zagrożenie żużlowaniem. Według Króla i wsp. (2010), gdy zawartość tego pierwiastka przekracza 0,3%, to skłonność ta jest znaczna lub bardzo duża. Demirbas (2005) oraz Kuramochi i wsp. (2005) uważają, że spalanie biomasy pochodzącej z takich gatunków w kotłach energetycznych zainstalowanych w ciepłowniach i elektrociepłowniach jest m.in. źródłem znacznej emisji chlorowodoru. Szczególnie agresywny względem stali w wysokiej temperaturze jest chlor molekularny (Cl_2). Powoduje on tzw. aktywne utlenianie metalu, niszcząc ochronną warstwę tlenków (Bątorek-Giesa, Jagustyn 2009). Badania fińskie (Landstrom i wsp. 1996) dowiodły, że można uzyskać biomasę pochodzącą z mozgi trzcinowatej o sześciokrotnie niższej zawartości chloru, przeprowadzając zbiór wczesną wiosną następnego roku. Może się to okazać jednak kłopotliwe ze względu na silne uwilgotnienie siedliska, które występuje o tej porze roku. Zbiory przeprowadzone wiosną są także niższe w porównaniu z tymi przeprowadzanych latem i jesienią.

Tabela 2
Table 2

Zawartość wybranych pierwiastków w biomase mozgi trzcinowatej (%)
Content selected elements in biomass of *Phalaridetum arundinaceae*

Pierwiastek Element	Symbol Symbol	Próba 1 Sample 1	Próba 2 Sample 2	Próba 3 Sample 3	Średnia Average
Węgiel Carbon	C	45,15	45,4	44,76	45,1
Wodór Hydrogen	H	5,80	5,84	5,77	5,80
Azot Nitrogen	N	1,08	1,07	1,37	1,17
Siarka Sulphur	S	0,23	0,26	0,31	0,27
Chlor Chlorine	Cl	0,65	0,75	0,57	0,66

Zainteresowanie biomasą roślinną jako paliwem w energetyce wymusza konieczność przeprowadzania badań nie tylko jej wartości opałowej, ciepła spalania, wilgotności, ale także zawartości popiołu oraz procentowego udziału pierwiastków niepożądanych, w szczególności siarki i chloru. Z tego powodu biomasa pochodząca z mozgi trzcinowatej jest trudnym paliwem i jej spalanie lub współspalanie z węglem wymagają zapobiegania niepożądanym procesom, co istotnie utrudnia zapewnienie bezawaryjnej eksploatacji kotłów energetycznych.

WNIOSKI

1. Plon uzyskany z łąk mozgowych na terenie Puszczy Boreckiej nie jest zbyt wysoki i wynosi średnio $6,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s.m. Fitomasa ta uzyskana jest z naturalnych zbiorowisk *Phalaridetum arundinaceae* łąk śródleśnych, nieobjętych zabiegami agrotechnicznymi (z wyjątkiem corocznego koszenia).

2. Dość niska zawartość popiołu (4,03%), wilgotność całkowita (9,2%), wysoka wartość energetyczna ($17,43 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) oraz ciepło spalania ($18,73 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) potwierdzają przydatność mozgi trzcinowatej jako surowca, który może być wykorzystywany w odnawialnych źródłach energii.

3. Zawartość węgla (45,1%) i wodoru (5,8%), czyli pierwiastków, które decydują o wartości energetycznej i ciepła spalania w materiale opałowym pozyskanym z mozgi trzcinowatej, jak na biomasę niedrzewną jest dość wysoka i porównywalna z innymi bylinami wykorzystywanymi w energetyce.

4. Ujemną cechą fitomasy mozgi trzcinowatej wykorzystywanej do opalania jest stosunkowo wysoka zawartość chloru (0,66%).

PIŚMIENNICTWO

- Bątopek-Giesza N., Jagustyn B., 2009. Zawartość chloru w biomasie stałej stosowanej do celów energetycznych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40: 396–406.
- Dadrach A., Gąbka D., Szlachta J., Wolski K., 2007. Wartość energetyczna kilku gatunków traw uprawianych na glebie lekkiej. *Łąk. Pol.*, 10: 29–35.
- Demirbas A., 2005. Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. *Progress in energy and combustion Science*, 31(2): 171–192.
- El Bassam N., 1998. *Energy Plant Species. Their use and impact on environmental and development.* James&James, Sci. Publ. Londyn.
- Gierasimczuk A., Lewandowski W., Jordan A., 2009. Możliwości wykorzystania biomasy do celów energetycznych. *Energetyka i Ekologia*, 10: 707–714.
- Grzelak M., 2009. Plonowanie szuwaru mozgowego oraz skład chemiczny i wartość energetyczna mozgi trzcinowatej. *Fragm. Agron.*, 26(4): 38–45.
- Harkot W., Warda M., Sawicki J., Lipińska T., Wyłupek T., Czarniecki Z., Kulik M., 2007. Możliwości wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych. *Łąk. Pol.*, 10: 59–67.
- Jasinskas A., Zaltauskas A., Kryzeviciene A., 2008. The investigation of growing and using of tall perennial grasses as energy crops. *Biomass and Bioenergy*, In Press, Corerected Proof.
- Jordan A., Kepka A., Bałdowski A., 2008. Technologiczne, techniczne, logistyczne, ekonomiczne i prawne aspekty możliwości pozyskania biomasy w podregionie łomżyńskim. PWSiP Łomża – sprawozdanie techniczne (niepublikowane).
- Kowalczyk-Juśko A., 2009. Popiół z różnych roślin energetycznych. *Proceedings of ECOpole*, 3(1): 159–164.
- Król D., Łach J., Poskrobko S., 2010. O niektórych problemach związanych z wykorzystaniem biomasy nieleśnej w energetyce. *Energetyka i Ekologia*, 1: 53–62.

- Kryszak A., Kryszak J., Klarzyńska A., 2007. Łąki mozgowe (*Phalaridetum arundinaceae*) w Dolinie Baryczy. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. T. 7, z. 2(20): 209–218.
- Kuramochi H., Wu W., Kawamoto K., 2005. Prediction of the behaviors of H₂S and HCl Turing gasification of selected residual biomass fuels by equilibrium calculation. Fuel, 84(4): 377–192.
- Kuś J., Faber A., Stasiak M., Kawalec A., 2008. Plonowanie wybranych gatunków roślin uprawianych na cele energetyczne na różnych glebach. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach; Probl. Inż. Rol., nr (1).
- Landstrom S., Lomakka L., Andersson S., 1996. Harvest in spring improves yield and quality of reed canary grass as a bioenergy crop. Biomass and Bioenergy, 11: 333–341.
- Malzer G., Schloper R., 1984. Influence of time and rate of N application on yield and crude protein of three cool season grasses grown on organic soils. Canadian Journal of Plant Science, 64: 319–328.
- Olsson R., 1999. Reed canarygrass Development in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences Department of Agricultural Research for Northern Sweden Laboratory for Chemistry and Biomass.
- Rogalski M., Sawicki B., Bajonko M., Wieczorek A., 2005. Wykorzystanie rodzimych gatunków traw jako odnawialnych źródeł energii. Monogr. (red. M. Ciaciura). Wyd. Optimex Szczecin: 15–25.
- Sahramaa M., 2003. Evaluation of reed canary grass for different end – uses and in breeding. MTT Agrifood Res., Finland: 12: 227–241.
- Scurlock J., 1999. Miscanthus: A review of European Experience with Novel Energy Crop. Environmental sciences Division Publication, Oak Ridge National Laboratory. ORNL/TM13732, nr 4845.
- Szczukowski S., Tworkowski J., 2005. Zmiany w produkcji i wykorzystaniu biomasy w Polsce. Białystok: 23–28.

REED CANARYGRASS *PHALARIS ARUNDINACEA* L. AS A BIOFUEL CROP

Summary

Basing on literature data and our own research a usefulness of *Phalaris arundinacea* as a source of biomass for the production of energy was estimated. Long-standing research carried out in Scandinavia shows that reed canarygrass is one of the most promising plant species which could be used in power industry. Our own research was carried out in the area of the Borecka forest, where the samples of shoots were collected. The collected plant material was analyzed concerning the height of yield, energy value, heat of combustion, humidity, the ash and chosen chemical elements (C, H, N, S, Cl) content in the biomass. A quite high energy value (17,43 MJ·kg⁻¹ d.s.) and heat of combustion (18,73 MJ·kg⁻¹ d.s.) as well as low total humidity (9,2%) and ash content (4,03%) show that reed canarygrass can be successfully used as herbaceous energy crop. A certain disadvantage of the biomass obtained from this species is a significant content of chlorine which reaches up to 0,66% of dry substance. The high content of this element in dry substance of herbaceous energy crop is undesirable because of a threat of cinderling, therefore it shouldn't exceed the level of 0,3%.

KEY WORDS: reed canarygrass, ash content, biomass, energy value, heat of combustion

**Stanisław Włodek¹, Andrzej Biskupski¹, Tomasz R. Sekutowski¹,
Urszula Sienkiewicz-Cholewa¹, Katarzyna Pawęska²**

**EFEKTY WPROWADZANIA ŚCIEKÓW NA WIELOLETNI
ODŁÓG POROŚNIĘTY NAWŁOCIĄ**

**THE EFFECTS OF THE INTRODUCTION OF SEWAGE
ON LONG-TERM FALLOW COVERED BY *SOLIDAGO SP.***

*¹Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu*

*Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute in Puławy,
Department of Weed Science and Tillage Systems in Wrocław*

²Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

*Institute of Environmental Engineering, Wrocław University of Environmental and Life
Sciences*

W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w latach 2010–2011 na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego. Wstępnie oczyszczone ścieki bytowo-gospodarcze wprowadzano w okresie wegetacyjnym na wieloletni odłóg. Wyłączone z rolniczego użytkowania grunty zasiedlone były przez zbiorowisko roślin zdominowane przez nawłóć (*Solidago sp.*). Efekty nawadniania dawkami polewowymi 10 oraz 20 mm stosowanymi co 7 dni od maja do września porównywano z kontrolą bez nawodnień.

W sezonie wegetacyjnym 2010 i 2011 r. suma opadów znacznie przekroczyła wartości średnie z lat 1956–2009. Pomimo dużej ilości opadów nie zaobserwowano objawów negatywnego wpływu nawadniania ściekami na rośliny, powodowanego nadmiarem wody. Wykorzystanie ścieków do nawodnień spowodowało istotny wzrost masy roślin. Zmianie uległa również struktura plonu nawłoci. Zmniejszyła się ilość pędów drobnych do 20 g na rzecz większych. Nawadnianie przyczyniło się do zwiększenia obsady roślin na jednostce powierzchni. Uzyskane wyniki mają aspekt praktyczny, wskazują możliwość wykorzystania ścieków bytowo-gospodarczych, zwłaszcza w warunkach rozproszonej zabudowy, zagospodarowania odłogów oraz produkcji biomasy roślinnej.

SŁOWA KLUCZOWE: ścieki, biomasa, odłóg, nawadnianie, *Solidago sp.*

Do cytowania – For citation: Włodek S., Biskupski A., Sekutowski T.R., Sienkiewicz-Cholewa U., Pawęska K., 2012. Efekty wprowadzania ścieków na wieloletni odłóg porośnięty nawłocią. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 137–148.

WSTĘP

Dynamiczna rozbudowa sieci wodociągowych na wsi polskiej nie koresponduje ze stopniem skanalizowania (Rocznik Statystyczny 2010, Wałęga i wsp. 2009). W warunkach rozproszonego osadnictwa na terenach wiejskich dużym problemem jest konwencjonalne oczyszczanie ścieków, ze względu na konieczność budowy rozległej sieci kanalizacyjnej w przypadku oczyszczalni zbiorczych. Bogaty dorobek naukowy oraz wieloletnia praktyka wykazały wiele zalet oczyszczania ścieków w środowisku glebowym oraz wykorzystania wody zawartej w ściekach do uzupełnienia potrzeb wodnych roślin (Kutera 1988, Nowak, Kuczewski 2002, Paluch i wsp. 2006). Obecnie istnieją warunki sprzyjające stosowaniu ścieków do nawodnień. Zmiany systemowe spowodowały wyłączenie z produkcji rolnej znacznego arealu gruntów, w głównej mierze położonych na glebach o wadliwych stosunkach powietrzno-wodnych. W przeważającej części dotyczy to gleb lekkich, o głębokim położeniu wody gruntowej, charakteryzujących się okresowymi niedoborami wody. Na terenach nie poddawanych uprawie mechanicznej przez okres kilku lat nawłóć (*Solidago sp.*) znajduje odpowiednie warunki do rozwoju. Zaletą tej rośliny jest to, że nie stanowi zagrożenia dla sąsiednich plantacji roślin uprawnych, charakteryzuje się znacznym przyrostem biomasy. W swoich badaniach Rola i Rola (2010) zauważyli, że niezależnie od siedliska *Solidago sp.* często tworzy zwarte łany, widoczne z dużych odległości, jako wizualny wskaźnik wieloletnich odłogów. Z obserwacji tych autorów wynika, że najczęściej wysokie stopnie pokrycia powierzchni w łanie *Solidago sp.* osiąga po 5–10 latach odłogowania pola. Obecnie obserwujemy zjawiska świadczące o zmianach klimatycznych: wzrost temperatury powietrza, wzrost częstotliwości występowania susz glebowych, zmianę rozkładu opadów w czasie (Mager i wsp. 2009, Żmudzka 2004). Coraz częściej występują długie okresy bezopadowe przerywane krótkotrwałymi, intensywnymi opadami. Duże natężenie opadu przewyższające możliwości infiltracyjne gleby powoduje spływy powierzchniowe, co w rezultacie nie sprzyja retencjonowaniu wody w glebie.

Przyjęte przez Polskę porozumienia międzynarodowe zobowiązują nasz kraj do systematycznego zwiększania pozyskiwanej energii z odnawialnych źródeł, celem ograniczenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery - uważanego za jednego z głównych sprawców zmian klimatycznych (Ministerstwo Gospodarki 2009). Jednym z głównych źródeł pozyskiwania energii odnawialnej w Polsce powinna być biomasa roślinna (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2005). Wymienione uwarunkowania przemawiają za wykorzystaniem ścieków do nawodnień.

Celem pracy było zbadanie efektów plonotwórczych systematycznego wprowadzania ścieków na grunty wyłączone z produkcji rolnej, porośnięte roślinnością ruderalną zdominowaną przez nawłóć.

MATERIAŁ I METODY

Eksperyment z wprowadzaniem do gleby wstępnie oczyszczonych ścieków pochodzących z gospodarstwa domowego przeprowadzono w latach 2010 i 2011, na kilkuletnim odłogu położonym na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego. Zaleganie zwier-

ciadła wody gruntowej spełniało, określony Rozporządzeniem Ministra Środowiska, warunek: „miejsce wprowadzania ścieków oddzielone jest warstwą gruntu o miąższości co najmniej 1,5 m od najwyższego użytkowego poziomu wodonośnego wód podziemnych” (Rozporządzenie Ministra Środowiska 2006). Doświadczenie zlokalizowano w warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska w miejscowości Biskupice Oławskie, położonej przy granicy województwa opolskiego (N:50°59'49"; E:17°39'50"). W doświadczeniu jednoczynnikowym założonym metodą losowanych bloków porównywano następujące warianty:

A – obiekt kontrolny bez nawadniania,

B – nawadnianie dawką 10 mm,

C – nawadnianie dawką 20 mm.

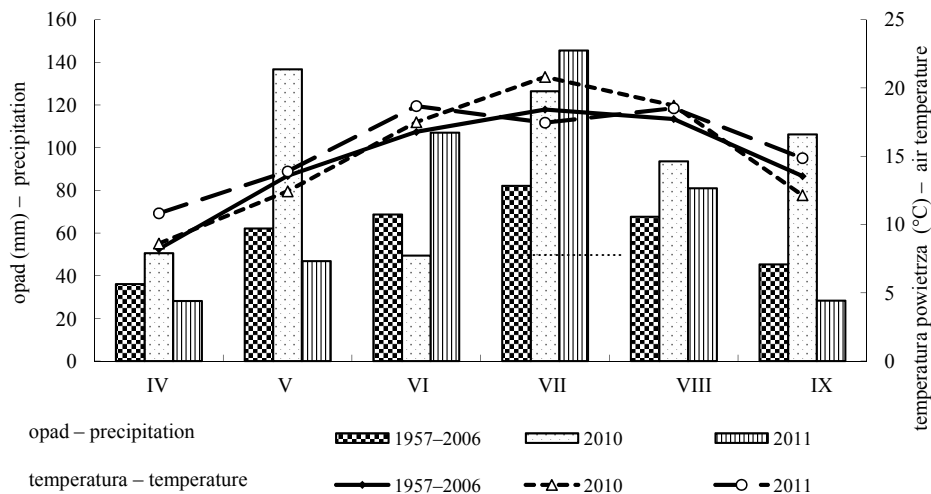
W sezonie wegetacyjnym w okresie od maja do września wprowadzano na powierzchnię poletek przewidziane w schemacie dawki wstępnie oczyszczonych ścieków. Nawadnianie prowadzono systematycznie w odstępach siedmiodniowych. W sumie przeprowadzono 21 nawodnień. W rezultacie uzyskano dawkę, odpowiednio do obiektu, 210 i 420 mm. Doświadczenie przeprowadzono w czterech powtórzeniach na polstkach o wymiarach 1 x 1 m. Sumę dobową opadów mierzono deszczomierzem zainstalowanym w pobliżu doświadczenia. Przy opracowaniu wyników korzystano ze średnich dobowych temperatur powietrza notowanych na posterunku meteorologicznym w Jelczu Laskowicach, położonym w odległości około 14 km od doświadczenia. W sezonie wegetacyjnym prowadzono obserwacje stanu roślin oraz dokonano oceny stopnia pokrycia powierzchni poletek poszczególnymi gatunkami, metodą ilościową, podając gatunek i liczbę w szt.·m⁻² (Domaradzki i wsp. 2001). Po zbiorze roślin przeprowadzonym w październiku oznaczono masę i wilgotność biomasy roślin oraz strukturę plonu nawłoci, podając liczbę pędów we frakcjach 0–20 g, 20–40 g, 40–60 g oraz > 60 g. Plon poddano analizie statystycznej.

WYNIKI I OMÓWIENIE

Warunki atmosferyczne w sezonie wegetacyjnym lat 2010 i 2011 znacznie odbiegały od przeciętnych występujących w wieloleciu 1956–2005 (rys. 1). Zarówno opady atmosferyczne, jak i temperatury powietrza były wyższe od średniej wieloletniej. Suma miesięczna opadów w maju i wrześniu roku 2010 oraz w czerwcu 2011 przekraczała więcej niż dwukrotnie wyniki notowane w wieloleciu. W pozostałych miesiącach sezonu wegetacyjnego 2010 r., oprócz czerwca, opady były także wyższe niż przeciętne. W roku 2011 suma opadów była niższa niż w poprzednim, w miesiącach kwiecień, maj oraz wrzesień opady nie osiągnęły wartości średniej wieloletniej. W roku 2010 średnie miesięczne temperatury powietrza w miesiącach czerwiec, lipiec i sierpień były wyższe od przeciętnych w wieloleciu, natomiast maj i wrzesień był nieco chłodniejszy. Rok 2011 charakteryzował się jeszcze wyższymi temperaturami powietrza. Jedynie w lipcu było wyraźnie chłodniej niż przeciętnie w wieloleciu.

Z góry założone, nieprzekraczalne terminy nawodnień spowodowały, że ścieki bytowo stosowano w zróżnicowanych warunkach atmosferycznych, zarówno po długim okresie bezopadowym, jak i po obfitych opadach deszczu (rys. 2). Nawadnianie w dniu 3 lipca

2010 r. poprzedzone było dwutygodniowym okresem bezdeszczowym. Przed nawodnieniem w terminie 24 lipca 2010 warunki atmosferyczne były diametralnie różne, w przeddzień wystąpiły obfite opady deszczu – suma opadów wyniosła 45,8 mm. Jednak nie był to jedyny opad w siedmiodniowym okresie poprzedzającym nawadnianie, w dniu 18 lipca spadło jeszcze 36,4 mm. Była to najwyższa w sezonie wegetacyjnym suma opadów w siedmiodniowym okresie poprzedzającym nawadnianie. W roku 2011, przed terminem nawodnień 2 lipca, wystąpił najwyższy opad w dniu 30 czerwca w wysokości 69 mm.

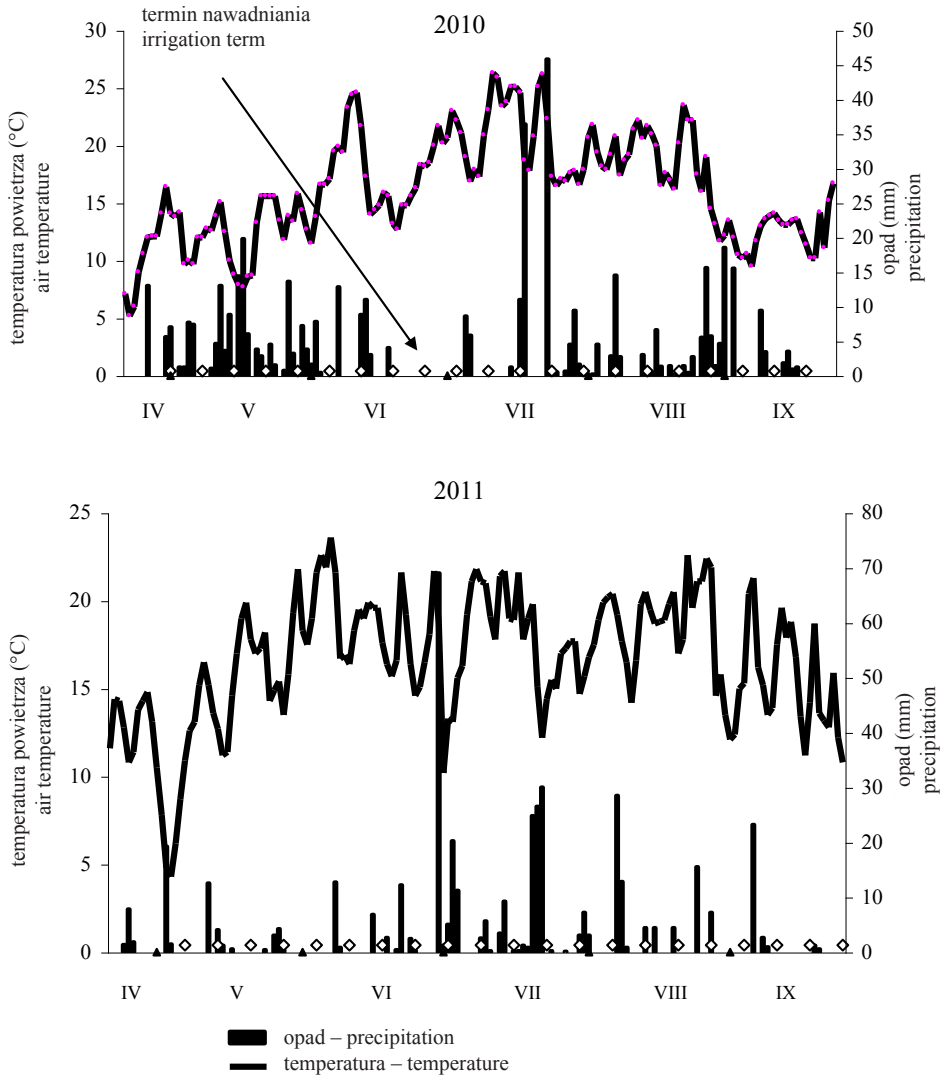


Rys. 1. Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów w latach 2010–2011 w wieloleciu 1957–2006

Fig. 1. Mean monthly air temperature and precipitation sums in 2010–2011 and for period of 1957–2006

Wprowadzanie wstępnie oczyszczonych ścieków do gleby wyłączonej z produkcji rolniczej w istotny sposób wpłynęło na biomasa roślin porastających odłóg. Średnia z dwóch lat masa *Solidago sp.*, gatunku dominującego w zbiorowisku, zwiększyła się ponad dwukrotnie (tab. 1). Zbiór z poletek nie nawadnianych wyniósł 1,00 kg·m⁻², natomiast z nawadnianych dawkami 10 i 20 mm wyniósł odpowiednio 1,89 i 2,62 kg·m⁻². W drugim roku średni poziom biomasy nawłoci był istotnie wyższy niż w 2010. Natomiast masa pozostałych roślin zasiedlających odłóg była istotnie niższa niż w pierwszym. Nie został udowodniony, statystycznie niewielki, wzrost masy roślin na poletkach nawadnianych. W roku 2010 zaznaczył się pozytywny wpływ nawadniania. Na poletkach nie nawadnianych masa chwastów wyniosła 0,91 kg·m⁻², a na nawadnianych 1,28 i 1,59 kg·m⁻². Nie stwierdzono podobnej zależności w następnym roku. Należy zauważyć, że w pierwszym roku na obiekcie kontrolnym nie nawadnianym, w całkowitej masie plonu większość stanowiły chwasty. Systematyczne nawadnianie poletek ściekami w okresie wegetacyjnym przyczyniło się do większych przyrostów masy roślin nawłoci niż pozostałych chwastów. Na poletkach nawadnianych zarówno dawkami 10, jak i 20 mm przeważającą część bio-

masy stanowiła nawłóć. W przypadku dawki 10 mm różnica była stosunkowo niewielka i wynosiła 0,26 kg, natomiast przy dawce 20 mm wzrosła do 1,43 kg, co stanowiło odpowiednio 14 i 55% plonu nawłóci. Masa wszystkich roślin była istotnie zróżnicowana nawadnianiem. Na nie nawadnianym obiekcie kontrolnym średnia z dwóch lat wynosiła 2,02 kg·m⁻², systematyczne nawadnianie dawkami 10 mm zwiększyło plon o 54% do wartości 3,04 kg·m⁻², natomiast nawadnianie dawkami 20 mm zwiększyło biomasa roślin prawie dwukrotnie do poziomu 3,93 kg·m⁻².



Rys. 2. Opady i temperatury powietrza w okresie nawodnień
Fig. 2. Precipitation and air temperature in irrigation period

Tabela 1
Table 1Plon świeżej masy roślin (kg · m⁻²)
Yield of fresh plant matter

Rok Year	Dawka nawodnieniowa (mm) Irrigation dose			Średnia Mean
	0	10	20	
Masa nawłoci – Mass of plants				
2010	0,83	1,54	2,19	1,52
2011	1,16	2,19	3,06	2,14
Średnia – Mean	1,00	1,89	2,62	–
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) Lata years A Dawki dose B A x B	0,612 r.n. – n.s.			0,411
Masa chwastów – Mass of weeds				
2010	0,91	1,28	1,59	1,26
2011	0,84	1,02	0,78	0,89
Średnia – Mean	0,88	1,15	1,19	–
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) Lata years A Dawki dose B A x B	r.n. – n.s. r.n. – n.s.			0,26
Masa roślin razem – Plant mass total				
2010	1,74	2,82	3,78	2,78
2011	2,29	3,26	4,08	3,20
Średnia – Mean	2,02	3,04	3,93	–
NIR _(0,05) – LSD _(0,05) Lata years A Dawki dose B A x B	0,920 r.n. – n.s.			r.n. – n.s.
Wilgotność roślin (%) – Humidity of plants				
2010	48,2	52,2	47,2	49,2
2011	56,5	57,0	55,7	56,4
Średnia – Mean	52,4	54,6	51,5	–
Sucha masa roślin – Dry mass of plants				
2010	0,90	1,35	2,00	1,41
2011	1,00	1,40	1,81	1,40
Średnia – Mean	0,95	1,37	1,90	–

Średnia wilgotność roślin po zbiorze wahała się od 48 do 57% i nie wykazywała prostej zależności od dawek nawodnieniowych (tab. 1). Jej wartość uzależniona była prawdopodobnie od składu gatunkowego roślin tworzących plon. Stosunkowo wysoki poziom uwilgotnienia roślin spowodowany był jesiennym terminem zbioru. Rośliny zielne tracą znaczne ilości wody w okresie zimowym, dlatego plon zebrany wiosną z pewnością charakteryzowałyby się znacznie niższą wilgotnością. Sucha masa plonu była wyraźnie zróżnicowana. Z poletek nie nawadnianych osiągnięto średnio 0,95 kg·m⁻². Dawki ścieków 10 mm przyczyniły się do zwiększenia plonu do poziomu 1,37 kg·m⁻², zaś 20 mm – do war-

tości 1,90 kg·m⁻². Uzyskana z jednostki powierzchni ilość biomasy, zwłaszcza z wariantu nawadnianiem dawkami 20 mm, jest porównywalna do poziomu plonu uzyskiwanego z niektórych roślin energetycznych (Krawczyk, Roguska 2009).

W licznych pracach dotyczących rolniczego wykorzystania ścieków do nawodnień, dawki polewowe uzupełniały potrzeby wodne roślin, a terminy nawodnień uzależnione były od przebiegu pogody – w głównej mierze od częstotliwości i ilości opadów (Kutera 1988, Paluch i wsp. 2006). W prezentowanej pracy nawodnienia prowadzone były systematycznie w odstępach siedmiodniowych, niezależnie od przebiegu pogody. Pomimo występowania okresów o dużej ilości opadów nie zaobserwowano w rozwoju roślin objawów charakterystycznych dla nadmiaru wody. Podobne spostrzeżenia poczyniono w eksperymencie z systematycznym nawadnianiem ściekami kukurydzy i buraków pastewnych realizowanym w przekroprnym roku 2009 (Włodek i wsp. 2011). Jednak w tym przypadku wzrost plonów na skutek nawadniania był mniejszy. Przyczyną słabszego działania plonotwórczego ścieków mogła być duża ilość opadów na przełomie czerwca i lipca, znacznie przewyższająca potrzeby wodne roślin. W analogicznym okresie roku 2010 notowano niewielką sumę opadów, w związku z tym nawadnianie ściekami wpłynęło w znaczący sposób na zwiększenie masy roślin. W roku 2011 maj i czerwiec charakteryzowały się niewielką ilością opadów, co mogło mieć wpływ na efektywność nawadniania.

Oprócz zmian w masie plonu nawłoci zaszły różnice w jego strukturze (tab. 2). W pierwszym roku nawadnianie przyczyniło się do zmniejszenia obsady drobnych pędów o masie do 20 g. Na poletkach kontrolnych, nienawadnianych ilość pędów w wymienionej grupie wynosiła średnio 81 szt.·m⁻², natomiast w nawadnianych dawkami 10 i 20 mm uległa zmniejszeniu do 69 i 60 szt.·m⁻². W pozostałych frakcjach o masie 20–40, 40–60 g oraz większych od 60 g obserwowano, nawet trzykrotne, zwiększenie liczby pędów na poletkach nawadnianych. Niewielkiej zmianie uległa również obsada pędów nawłoci. Ogólna liczba pędów na poletkach kontrolnych wyniosła 90 szt.·m⁻², natomiast na nawadnianych wyniosła 96 szt.·m⁻² i 103 szt.·m⁻². W drugim roku wzrosła liczba roślin we frakcji 0–20 g. Na poletkach nie nawadnianych dwu i półkrotnie, a na nawadnianych ponad trzykrotnie, w porównaniu z wynikami uzyskanymi w roku 2010. Wyraźnie wzrosła na skutek nawadniania liczba pędów we frakcji 20–40 g. Na obiekcie nie nawadnianym wynosiła 8 szt.·m⁻², natomiast na nawadnianych odpowiednio 32 i 44 szt.·m⁻².

Obsada pozostałych roślin porastających odłóg również ulegała zmianom (tab. 3). Najlicniejsza grupa, do której należały następujące gatunki: *Taraxacum officinale*, *Artemisia vulgaris*, *Trifolium repens*, wyraźnie zwiększyła obsadę pod wpływem nawadniania. Najbardziej, aż sześciokrotnie, wzrosła populacja *Rumex crispus*. Najliczniej występujący na poletkach kontrolnych bez nawadniania – *Agropyron repens* – zwiększył obsadę w pierwszym roku z 70 szt.·m⁻² do 110 szt.·m⁻² na poletkach nawadnianych dawkami 10 mm i do 150 szt.·m⁻² przy dawkach 20 mm. W drugim roku odpowiednio z 68 szt.·m⁻² do 109 szt.·m⁻² oraz 166 szt.·m⁻². Druga grupa, do której należały *Poa pratensis*, *Calamagrostis epigejos*, *Tanacetum vulgare*, *Achillea millefolium*, zmniejszyła obsadę.

Dla dawek polewowych wynoszących 10 mm zwiększenie liczby roślin gatunków re-agujących pozytywnie na nawodnienia było mniejsze od spadku obsady roślin zmniejszających obsadę. Inaczej sytuacja kształtowała się w przypadku dawek 20 mm. Stąd ogólna liczba roślin nawadnianych dawkami 10 mm zmniejszyła się w stosunku do obiektu kontrolnego, natomiast wzrosła na poletkach nawadnianych dawkami 20 mm.

Tabela 2
Table 2

Udział pędów o różnej masie w całkowitej liczbie pędów nawłoci (szt. \cdot m⁻²)
Contribution of stems of different mass in total stem number of goldenrot (pcs. \cdot m⁻²)

Frakcja pędów (g) Stem fraction	Dawki nawodnieniowe (mm) Irrigation dose		
	0	10	20
2010			
0–20	81	69	60
20–40	9	20	28
40–60	–	5	11
>60	–	2	4
Suma – Sum	90	96	103
2011			
0–20	201	229	183
20–40	8	32	44
40–60	0	1	7
>60	0	0	1
Suma – Sum	209	262	235

Tabela 3
Table 3

Wykaz gatunków występujących na odłogu nawadnianym ściekami (szt. \cdot m⁻²)
List of species occurring in the fallow irrigated with sewage (pcs. \cdot m⁻²)

Wyszczególnienie, Specification	Dawki nawodnieniowe (mm) Irrigation dose					
	0		10		20	
	Lata – Years					
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
<i>Agropyron repens</i>	70	68	110	109	150	166
<i>Rumex crispus</i>	5	3	20	22	30	35
<i>Taraxacum officinale</i>	3	4	10	11	10	12
<i>Artemisia vulgaris</i>	10	11	10	12	20	19
<i>Trifolium repens</i>	5	5	10	11	15	18
<i>Poa pratensis</i>	60	57	40	38	50	42
<i>Calamagrostis epigejos</i>	30	32	10	8	10	5
<i>Cirsium arvense</i>	30	15	–	–	–	–
<i>Tanacetum vulgare</i>	30	27	5	1	3	1
<i>Achillea millefolium</i>	10	7	3	3	2	3
<i>Trifolium arvense</i>	5	1	–	–	–	–
<i>Sonchus arvensis</i>	1	–	–	–	–	–
<i>Hypericum perforatum</i>	2	1	1	2	1	–
<i>Equisetum arvense</i>	2	2	1	1	1	–
Suma – Sum	263	233	220	218	292	301

Wstępne prace Biskupskiego i wsp. (2011) wykazały przydatność do produkcji pelet zebranej z odłogów roślinnej biomasy, w której przeważającą część stanowiła masa nawłoci. Rośliny wymienionego gatunku w zbiorowisku pokrywającym odłóg charakteryzowały się wysokimi parametrami, zarówno wysokością, jak i pokrojem. Znajomość struktury plonu pędów nawłoci może mieć zasadnicze znaczenie w doborze parametrów elementów maszyn produkujących pelety. Zaletą wykorzystania ścieków do nawodnień jest zmniejszenie ilości osadów, stanowiących poważny problem wielu oczyszczalni (Sulewska, Koziara 2007).

Dotychczas prowadzone prace dotyczące zastosowania ścieków do nawodnień ustalały dawki polewowe na podstawie niedoboru opadów. W okresach obfitych w opady dostarczanie ścieków do gleby było wstrzymane. Prezentowane wyniki badań są kontynuacją wcześniejszych prac, w których gleba traktowana jest jako odbiornik i miejsce włączania wody oraz składników zawartych w ściekach w obieg. Przedstawione wyniki mają aspekt praktyczny, wskazują możliwość wykorzystania ścieków bytowo-gospodarczych, zwłaszcza w warunkach rozproszonej zabudowy, zagospodarowania odłogów oraz produkcji biomasy. Plon biomasy stanowi surowiec do produkcji energii odnawialnej. Może być wykorzystany do wytwarzania biogazu, a po wysuszeniu może stanowić dodatek do paliw stałych lub być surowcem do produkcji pelet (Włodek i wsp. 2010).

WNIOSKI

1. Systematyczne wprowadzanie wstępnie oczyszczonych ścieków do gleby, nie uprawianej od kilku lat, spowodowało wzrost masy roślin porastających odłóg oraz przyczyniło się do zwiększenia udziału nawłoci, gatunku dominującego, w ekosystemie odłogu.

2. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość pozyskiwania znacznych ilości biomasy z gruntów odłogowanych, nawadnianych ściekami.

3. Zapotrzebowanie na energię odnawialną pozyskiwaną z biomasy, konieczność rozwiązania problemu gospodarki wodno-ściekowej wskazują na celowość wykorzystania ścieków do nawodnień.

PIŚMIENNICTWO

- Biskupski A., Rola J., Sekutowski T., Kaus A., Włodek S., 2011. Technologia zbioru biomasy *Solidago sp.* – jej przetwarzanie do celów opałowych. XXXV Krajowa Konferencja Naukowa z cyklu: Rejonizacja chwastów segetalnych w Polsce, pod hasłem: „Biologia i występowanie *Solidago sp.* w zbiorowiskach roślinnych na odłogach”. Wrocław–Wina Góra, 06–08.09.2011.
- Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T., 2001. Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia polowe. Wyd. IUNG Puławy.

- Krawczyk A., Roguska A., 2009. Biomasa pochodzenia rolniczego. Uprawa i wykorzystanie. Opol-
ski Ośrodek Doradztwa Rolniczego.
- Kutera J., 1988. Wykorzystanie ścieków w rolnictwie. PWRiL, Warszawa.
- Mager P., Kasproicz T., Farat R., 2009. Change of air temperature and precipitation in Poland in
1966–2006. *Acta Agrophysica* 169. Rozprawy i Monografie, (1): 19–38.
- Ministerstwo Gospodarki. 2009. Polityka energetyczna Polski do 2030 roku.
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. 2005. Strategia rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa na
lata 2007–2013 (z elementami prognozy do roku 2020).
- Nowak I., Kuczewski K., 2002. Oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych w oczyszczalni ro-
ślinno-glebowej. Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- Pałuch J., Paruch A., Pulikowski K., 2006. Przyrodnicze wykorzystanie ścieków i osadów. Wyd.
Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. 2010. GUS, Warszawa.
- Rola J., Rola H., 2010. *Solidago spp.* biowskaźnikiem występowania odłogów na gruntach rolnych.
Fragm. Agron. 27(3): 122–131.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków jakie należy
spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczegól-
nie szkodliwych dla środowiska wodnego Dz. U. nr 137 poz. 984.
- Sulewska H., Koziara W., 2007. Produkcja osadów ściekowych w Polsce i efekty ich stosowania
w uprawie kukurydzy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 518: 175–183.
- Wałęga A., Chmielowski K., Satora S., 2009. Stan gospodarki wodno-ściekowej w Polsce w aspek-
cie wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4:
57–72.
- Włodek S., Biskupski A., Pawęska K., 2011. Wpływ nawadniania ściekami na plonowanie kukury-
dzy i buraków pastewnych w przekroponym roku 2009. *Acta Agroph.*, 18(1): 187–194.
- Włodek S., Pawęska K., Biskupski A., Jabłoński W., 2010. Ocena możliwości wykorzystania ście-
ków do nawodnień roślin energetycznych w wybranych miejscowościach gminy Namysłów.
Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN, Kraków. Komisja Technicznej Infrastruk-
tury Wsi, 2: 111–119.
- Żmudzka E., 2004. Tło klimatyczne produkcji rolniczej w Polsce w drugiej połowie XX wieku.
Acta Agroph., 3(2): 399–408.

THE EFFECTS OF THE INTRODUCTION OF SEWAGE ON LONG-TERM FALLOW COVERED BY *SOLIDAGO SP.*

Summary

The paper presents results of research conducted in 2010–2011 on podzolic soil formed out of loamy sand. Preliminary cleaned farming sewage were introduced in long-term fallow during growing season. The plant predominant in the fallow ecosystem was *Solidago gigantea*. From 1 May to 18 September 2010 two irrigation doses of 10 and 20 mm were applied at seven days' intervals. The effects of sewage irrigation were compared with non-irrigated control. The vegetation season in 2010 and 2011 was characterized by a high amount of precipitation, exceeding the mean long-term values of 1956–2009.

Despite that high amount of precipitation there was not observed any negative influence of sewage irrigation on the plants due to water excess. Sewage irrigation appeared to have contributed to a significant increase in yields of the plant biomass. And also the yield structure of *Solidago gigantea* was changed. Small shoots (to 20 g) were fewer than bigger shoots. Sewage irrigation had influence on the increase of plant density. The results obtained have practical meaning and indicate the possibility of using of sewage, particularly in conditions of dispersed development, management of a fallow and plant production.

KEY WORDS: wastewater, biomass, fallow irrigation, *Solidago sp.*

Janina Zawieja, Wiesław Wojciechowski

WYSTĘPOWANIE GATUNKÓW Z RODZAJU *SOLIDAGO SP.*
NA ODŁOGACH ZLOKALIZOWANYCH W OKOLICACH
MIASTA WROCLAWIA

THE OCCURRENCE OF SPECIES FROM GENUS *SOLIDAGO SP.*
ON FALLOWS NEAR WROCLAW

*Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu*

*Department of Agroecosystems and Green Areas Management, Wrocław University
of Environmental and Life Science*

Badania nad udziałem gatunków z rodzaju *Solidago spp.* w zbiorowiskach roślinnych zasiedlających użytki porolne na terenie powiatu wrocławskiego prowadzono w latach 2004–2010. Materiał wyjściowy stanowiło 147 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w 21 stanowiskach różniących się czasem, jaki upłynął od zaniechania uprawy. Wyróżniono tereny odłogowane do 5 lat, od 5–10 i powyżej 10 lat.

W badanych zbiorowiskach oznaczono łącznie 97 gatunków należących do 25 rodzin. Niezależnie od wieku odłogu najliczniej występowały gatunki należące do rodziny *Asteraceae* (24 gatunki).

Wśród wszystkich gatunków oznaczono 3 należące do rodzaju *Solidago sp.* Były to *Solidago canadensis*, *S. gigantea* i *S. virgaurea*, z których największy udział w pokryciu miała *Solidago gigantea*. Stwierdzono, że wraz z czasem trwania odłogowania procentowy udział wszystkich tych gatunków w pokryciu powierzchni odłogów zmniejszał się. Dla *Solidago gigantea* na odłogach najmłodszych określono 14,5% udział w pokryciu, na odłogach 5–10-letnich 13,3%, a na najstarszych 2,9%. Dla *Solidago canadensis* i *Solidago virgaurea* wartości te wynosiły odpowiednio: 6,9, 0,8 i 3,0% oraz 4,2, 0 i 0,6%.

SŁOWA KLUCZOWE: odłogi, zbiorowiska roślinne, gatunki z rodzaju *Solidago sp.*

WSTĘP

Na Dolnym Śląsku najczęściej można spotkać dwa obce geograficznie gatunki należące do rodzaju nawłóć: *Solidago gigantea* i *Solidago canadensis* oraz dużo rzadziej *Solidago graminifolia* (Guzikowa, Maycock 1986). Gatunki te są wieloletnimi kenofitami pochodzącymi z Ameryki Północnej. Nawłóć późną można poznać po nagiej łodydze (lekkie owłosienie może występować w górnej części), z kolei *Solidago canadensis* charakteryzuje się gęsto owłosioną łodygą. Do Europy zostały sprowadzone w połowie XIX w. jako rośliny ozdobne i miododajne do ogrodów i od tego czasu obserwowane są w stanie dziczycałym w wielu jej regionach. Weber (1998) podaje, że obecny zasięg ich występowania ustalił się już w połowie lat 50. XX w. W Europie występują licznie, z wyjątkiem jej południowo-wschodniej części oraz Skandynawii. Również w Polsce, oprócz północno-wschodniej części kraju, obydwa gatunki pojawiają się masowo. Zajmują siedliska na obrzeżach lasów, zarośli, nad brzegami rzek i zbiorników wód stojących (*Solidago gigantea*) oraz różnego typu nieużytki w tym odłogi (*Solidago canadensis*). Według Śliwińskiego (2008) obce gatunki z rodzaju *Solidago sp.*, a w szczególności *Solidago canadensis* licznie zasiedlają miejsca silnie przekształcone przez człowieka (obrzeża stawu, tereny zabudowane). Sukces w rozprzestrzenianiu się i zasiedlaniu nowych stanowisk zapewnia im masowa produkcja owoców (Faliński 2004). Dajdok i Śliwiński (2007) uważają, że pomocne w osadzaniu się w nowym środowisku mogą być m.in. trwałość nasion, przedłużona zdolność kiełkowania jak i specyfika rozsiewania (anemochoria).

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie składu gatunkowego zbiorowisk roślinnych z udziałem obu gatunków *Solidago* zasiedlających odłogi usytuowane na użytkach porolnych.

MATERIAŁ I METODY

Badania nad udziałem gatunków z rodzaju *Solidago sp.* w zbiorowiskach roślinnych zasiedlających użytki porolne na terenie powiatu wrocławskiego prowadzono w latach 2004–2010. Badaniami objęto grunty zlokalizowane na terenie miasta Wrocławia (dzielnica Fabryczna – osiedla Leśnica i Jerzmanowo-Jarnołów-Strachowice-Osiniec oraz Krzyki – granice osiedla Księżę) i Siechnic oraz wsi: Dobrzykowice, Łany (gmina Czernica) i Radwanice (gmina Święta Katarzyna). Materiał wyjściowy stanowiło 147 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w 21 stanowiskach obejmujących wymieniony teren. Przeciętnie jedno miejsce obserwacji obejmowało powierzchnię od 0,5 do 2 hektarów. Wybrane stanowiska różniły się czasem, jaki upłynął od zaniechania uprawy. Wyróżniono tereny odłogowane do 5 lat, od 5 do 10 i powyżej 10 lat. Dla pierwszej grupy wiekowej wykonano 46 zdjęć fitosocjologicznych w sześciu stanowiskach, dla drugiej 54 w ośmiu, a dla trzeciej 47 zdjęć w siedmiu stanowiskach.

Oznaczone gatunki zestawiono w porządku alfabetycznym, a ich nomenklaturę przyjęto za Mirkiem i wsp. (2002). Przy poszczególnych gatunkach podano ich formę życiową (wg opracowania Zarzyckiego i wsp. 2002), przynależność geograficzno-historyczną (za Zajac i Zajac 1975, 1992, Zajac i wsp. 1998), częstość występowania i procentowy

udział w pokryciu powierzchni badanych obiektów. Przy określeniu częstotliwości występowania poszczególnych gatunków posłużono się skalą podaną w tabeli 1.

Tabela 1

Table 1

Częstość występowania gatunków na badanych odłogach (Jasiewicz 1965, zmodyfikowane przez Wnuka 1978)

Frequency of species on the study of fallows (Jasiewicz 1965 modified by Wnuk 1978)

Częstość Frequency	Liczba stanowisk – Number of localities	
	w %	w liczbach – number
b. rz. – bardzo rzadki, very rare	1–5	1–3
rz. – rzadki., rare	6–10	4–6
d. rz. – dość rzadki, fairly rare	11–20	7–11
cz. – częsty, frequent	21–40	12–22
d. p. – dość pospolity, fairly common	41–60	23–34
p. – pospolity, common	61–80	35–45
b.p. – bardzo pospolity, very common	81–100	46–56

WYNIKI I OMÓWIENIE

Na wszystkich ocenianych zdjęciach fitosocjologicznych zidentyfikowano 97 taksonów, z czego 57 występowało na odłogach najmłodszych, do 5 lat. Wraz z czasem odłogowania ilość określonych gatunków uległa niewielkiemu zmniejszeniu do 52 na odłogach 5–10-letnich i 55 na odłogach powyżej 10 lat. Niezależnie od czasu trwania odłogu najliczniej występowały gatunki należące do *Asteraceae* (24 gatunki), *Poaceae* (19), *Fabaceae* (10), *Polygonaceae* (7) i *Rosaceae* – 6 gatunków. Rodziny te dominowały również w procentowym pokryciu, chociaż zdecydowanie przeważały tu gatunki z *Poaceae*, których procentowy udział w pokryciu w poszczególnych okresach odłogowania wyniósł odpowiednio 41,4, 35,7 i 41,3% oraz *Asteraceae* zajmując odpowiednio 39,1, 30,7 i 24,7%. Zauważono, że procent pokrycia przez gatunki należące do rodziny traw wraz z wiekiem odłogowania nie zmieniał się, natomiast dla gatunków z rodziny astrowatych ulegał zmniejszeniu. Na odłogach do 5 lat pokrywały one 39,1% gleby, na odłogach 5–10-letnich 30,7% a na polach, które najdłużej były wyłączone z użytkowania rolniczego, tylko 24,7%. Swój udział w pokryciu zmniejszyły również gatunki z *Onagraceae* z 3,3 i 7,7% w dwóch pierwszych badanych wiekowo odłogach do 0,6% na odłogach powyżej 10-letnich. W ich miejsce licznie zaczęły pojawiać się (zwiększony udział w pokryciu) gatunki należące głównie do *Fabaceae*, *Plantaginaceae*, *Polygonaceae*, *Rosaceae* i *Urticaceae*. Większość oznaczonych gatunków pod względem częstości występowania to gatunki bardzo rzadkie, dość rzadkie i rzadkie, a występujących często było tylko od 2 na odłogach najmłodszych i najstarszych do 5 gatunków w drugiej grupie wiekowej. Tylko dwa gatunki *Tanacetum vulgare* na gruntach najkrócej odłogowanych i *Solidago gigantea* na terenach nieużytkowanych do 10 lat wystąpiły na 40 do 60% badanych stanowisk i były to gatunki dość pospolite. Podobnie Rola, Rola (2010) w badaniach nad zasiedlaniem odłogów przez *Solidago* wykazali jej ponad 50% udział w pokryciu powierzchni.

Flora badanych odłogów jest w dużym stopniu rodzima, a antropofity stanowiły tylko 22,4% w ogólnej liczbie gatunków. Wraz z upływem czasu nieużytkowania pól liczba antropofitów zmniejszyła się z 17 gatunków na odłogach 5-letnich do 9 gatunków w pozostałych stanowiskach.

Tabela 2
Table 2

Lista i charakterystyka gatunów współwystępujących z gatunkami z rodzaju *Solidago* sp.
List and characterization of species growing with *Solidago* sp.

I	II	III	IV	V			VI		
				1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amaranthaceae									
1. <i>Amaranthus retroflexus</i>	Ep	T	K	b. rz.			+		
Apiaceae									
1. <i>Angelica sylvestris</i>	Aplz	H	W	b. rz.			+		
2. <i>Heracleum sosnowski</i>	Agr	H	W		b. rz.			0,7	
Asteraceae									
1. <i>Achillea millefolium</i>	Apł	H	W	rz.	d. rz.	rz.	0,2	2,8	3,1
2. <i>Achillea ptarmica</i>	Apł	H	W	b. rz.			0,1		
3. <i>Arctium tomentosum</i>	Aplz	H	K			b. rz.			0,1
4. <i>Artemisia vulgaris</i>	Aplz	H	W	rz.	cz.	cz.	0,6	2,8	5,1
5. <i>Cichorium intybus</i>	Ar	H	W		b. rz.			0,7	
6. <i>Cirsium arvense</i>	Aplz	G	W	b. rz.	rz.	b. rz.	0,5	2,0	0,5
7. <i>Cirsium oleraceum</i>	Apł	H	W			b. rz.			+
8. <i>Cirsium palustre</i>	Apł	H	K	b. rz.	b. rz.		0,1	0,1	
9. <i>Cirsium rivulare</i>	Apł	H	W	b. rz.			0,1		
10. <i>Cirsium vulgare</i>	Aps	H	K			b. rz.			+
11. <i>Crepis biennis</i>	Apł	H	K		b. rz.			0,1	
12. <i>Crepis capillaris</i>	Apł	H,T	K		b. rz.			0,1	
13. <i>Erigeron ramosus</i>	Ep	H,T	K	rz.	cz.	d. rz.	1,4	4,2	0,8
14. <i>Galinsoga parviflora</i>	Ep	T	K	rz.			0,5		
15. <i>Helianthus annuus</i>	Erg	T	K	b. rz.			0,1		
16. <i>Helianthus tuberosus</i>	Erg	G	W	b. rz.			2,4		
17. <i>Matricaria maritima</i> <i>subsp. inodora</i>	Ar	H,T	K			rz.			2,2
18. <i>Petasites hybridus</i>	Apnw	G,H	W			b. rz.			+
19. <i>Rudbeckia laciniata</i>	Agr	H	W	rz.	b. rz.		1,8	1,0	
20. <i>Senecio vulgaris</i>	Ar	H,T	K		b. rz.			+	
21. <i>Solidago canadensis</i>	Agr	G, H	W	d. rz.	rz.	d. rz.	6,9	0,8	3,0
22. <i>Solidago gigantea</i>	Agr	G,H	W	cz.	d. p.	d. rz.	14,5	13,3	2,9
23. <i>Solidago virgaurea</i>	Aplz	H	W	d. rz.		b. rz.	4,2		0,6
24. <i>Tanacetum vulgare</i>	Apnw	H	W	d. p.	d. rz.	cz.	5,7	2,9	6,4
Boraginaceae									
1. <i>Echium vulgare</i>	Apmk	H	K		b. rz.			0,3	
2. <i>Symphytum officinale</i>	Apł	G,H	W	d. rz.	rz.	b. rz.	0,9	1,4	0,1

Tabela 2 cd.
Table 2 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brassicaceae									
1. <i>Sisymbrium officinale</i>	Ar	T	K	b. rz.		b. rz.	+		0,1
Caryophyllaceae									
1. <i>Melandrium album</i>	Apl	H,T	K	d. rz.	d. rz.	d. rz.	0,1	0,7	0,6
2. <i>Spergula arvensis</i>	Ar	T	K	b. rz.			1,4		
Convolvulaceae									
1. <i>Convolvulus arvensis</i>	Apmk	G,H,li	W	d. rz.	d. rz.	rz.	1,4	0,6	2,0
Crassulaceae									
1. <i>Sedum maximum</i>	Apmk	G,H	W			b. rz.			+
Cyperaceae									
1. <i>Carex hirta</i>	Apl	G	W		rz.			0,1	
Equisetaceae									
1. <i>Equisetum arvense</i>	Apl	G	W		b. rz.	b. rz.		+	0,1
Fabaceae									
1. <i>Medicago lupulina</i>	Apmk	H,T	K	rz.		rz.	1,0		1,1
2. <i>Melilotus alba</i>	Apmk	H,T	K	b. rz.	b. rz.	b. rz.	0,9	1,1	0,2
3. <i>Robinia pseudoakacia</i>	Agr	M	W	b. rz.		d. rz.	+		0,3
4. <i>Sarothamnus scoparius</i>	Ap lz	N	W	d. rz.			0,2		
5. <i>Trifolium arvense</i>	Apps	T	K		b. rz.			1,0	
6. <i>Trifolium medium</i>	Aplz	H	W			b. rz.			2,8
7. <i>Trifolium pratense</i>	Apl	H	K		b. rz.			0,7	
8. <i>Vicia cracca</i>	Apl	H	W	b. rz.	rz.	rz.	0,9	1,7	0,6
9. <i>Vicia hirsuta</i>	Ar	T	K	b. rz.			0,1		
10. <i>Vicia sepium</i>	Aplz	H	W	b. rz.			0,1		
Fagaceae									
1. <i>Quercus rober</i>	Aplz	M	W			b. rz.			+
Geraniaceae									
1. <i>Erodium cicutarium</i>	Apmk	H,T	K		b. rz.			0,7	
Hypericaceae									
1. <i>Hypericum perforatum</i>	Apl	H	W		b. rz.			1,3	
Juglandaceae									
1. <i>Juglans regia</i>	Erg	M	W	b. rz.			+		
Lamiaceae									
1. <i>Galeopsis tetrahit</i>	Aplz	T	K	b. rz.	b. rz.		0,2	0,1	
Malvaceae									
1. <i>Althaea officinalis</i>	Ep	H	W	b. rz.			+		

Tabela 2 cd.
Table 2 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Onagraceae									
1. <i>Chamaenerion angustifolium</i>	Aplz	H	W		b. rz.	rz.		1,4	0,6
2. <i>Epilobium hirsutum</i>	Apnw	H	W	d. rz.	cz.		3,3	5,0	
3. <i>Oenothera biennis</i>	K	H	K		d. rz.			1,3	
Plantaginaceae									
1. <i>Plantago arenaria</i>	Apmk	T	K			rz.			2,0
2. <i>Plantago lanceolata</i>	Apl	H	W		rz.	rz.		1,9	1,3
3. <i>Plantago major</i>	Aplz	H	W			d. rz.			2,5
Poaceae									
1. <i>Alopecurus pratensis</i>	Apl	H	W			b. rz.			0,5
2. <i>Arrhenatherum elatius</i>	Apl	H	W		b. rz.	b. rz.		+	1,7
3. <i>Calamagrostis epigeios</i>	Aplz	G,H	W	cz.	rz.	d. rz.	19,5	1,6	12,2
4. <i>Dactylis glomerata</i>	Apl	H	W			b. rz.			1,0
5. <i>Deschampsia caespitosa</i>	Apl	H	W	d. rz.		d. rz.	1,8		9,4
6. <i>Elymus repens</i>	Apnw	G	W	b. rz.	b. rz.	b. rz.	0,1	+	1,7
7. <i>Festuca heterophylla</i>	Aplz	H	W	b. rz.	b. rz.		1,5	1,1	
8. <i>Festuca pratensis</i>	Apl	H	W	b. rz.	cz.		0,4	15,1	
9. <i>Festuca rubra</i>	Apl	H	W		b. rz.			1,1	
10. <i>Glyceria maxima</i>	Apnw	H	W	b. rz.			0,1		
11. <i>Holcus lanatus</i>	Apl	H	W	rz.	d. rz.	b. rz.	3,9	6,4	0,6
12. <i>Lolium multiflorum</i>	Erg	H,T	W	b. rz.			0,4		
13. <i>Lolium perenne</i>	Apl	H	W	b. rz.	d. rz.	b. rz.	0,4	2,4	2,1
14. <i>Phalaris arundinacea</i>	Apnw	G,H	W		b. rz.			1,4	
15. <i>Poa annua</i>	Apl	H,T	K		b. rz.			1,3	
16. <i>Poa pratensis</i>	Apl	H	W	d. rz.	cz.	rz.	5,4	4,9	4,3
17. <i>Setaria pumila</i>	Ar	T	K	rz.	b. rz.	rz.	1,5	0,1	2,2
18. <i>Setaria viridis</i>	Ar	T	K	d. rz.		rz.	5,5		4,3
19. <i>Trisetum flavescens</i>	Aps	H	W	rz.		b. rz.	0,9		1,0
Polygonaceae									
1. <i>Polygonum aviculare</i>	Apnw	T	K	b. rz.		b. rz.	0,1		0,5
2. <i>Polygonum persicaria</i>	Apnw	T	K	rz.		b. rz.	4,9		0,1
3. <i>Reynoutria japonica</i>	Agr	G	W			d. rz.			7,5
4. <i>Rumex acetosa</i>	Apps	H	W	b. rz.	d. rz.		0,1	3,4	
5. <i>Rumex acetosella</i>	Apps	G,H,T	W	rz.	rz.	d. rz.	2,6	2,0	1,7
6. <i>Rumex crispus</i>	Apl	H	W	b. rz.	b. rz.	b. rz.	0,1	+	0,5
7. <i>Rumex obtusifolius</i>	Aplz	H	W			b. rz.			1,0

Tabela 2 cd.
Table 2 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rosaceae									
1. <i>Potentilla anserina</i>	Apnw	H	W	b. rz.	rz.		0,5	1,7	
2. <i>Potentilla argentea</i>	Apmk	H	W			rz.			3,3
3. <i>Potentilla reptans</i>	Apł	H	W	b. rz.	b. rz.		0,5	0,3	
4. <i>Rosa canina</i>	Aplz	N,li	W	b. rz.		b. rz.	+		+
5. <i>Rubus caesius</i>	Aplz	N	W		b. rz.	b. rz.		0,7	0,6
6. <i>Sanguisorba officinalis</i>	Apł	H	W	b. rz.			+		
Rubiaceae									
1. <i>Galium aparine</i>	Aplz	H,T	K			b. rz.			0,1
2. <i>Galium mollugo</i>	Apł	H	W	b. rz.	rz.		0,1	1,4	
3. <i>Galium uliginosum</i>	Apł	H	W		b. rz.			+	
Scrophulariaceae									
1. <i>Verbascum densiflorum</i>	Apps	H	K			b. rz.			0,1
2. <i>Verbascum nigrum</i>	Apps	H	K			b. rz.			0,1
Urticaceae									
1. <i>Urtica dioica</i>	Aplz	H	W	b. rz.	d. rz.	d. rz.	0,4	4,0	4,4
Violaceae									
1. <i>Viola tricolor</i>	Apps	T	K			rz.			0,1

Objaśnienia – Explanations: nagłówki kolumn – column heads: I – nazwa gatunku – I name of species; II – grupa geograficzno-historyczna – geographical-historical group: Arch – archeofit – archaeophyte, Ep – epekofit – epocophyte, Erg – ergazjofigofit – ergasiophygophyte, Efm – efemero fit – efemerophyte, Agr – agriofit – agriophyte, Aplz – apofit leśno-zaroślowy – forest shrubwood apophyte, Apł – apofit łąkowy – meadow apophyte, Apnw – apofit nawodny – waterside apophytes, Apps – apofit miejsc piaszczystych – sandy apophyte, Apmk – apofit muraw kserotermicznych – xerothermic grassland apophyte, III – forma życiowa – life form according to Raunkiaer: T – terofit – therophyte, H – hemikryptofit – hemicryptophyte, G – geofil – geophyte, Ch – chamefit zdrewniały – ligneous chamaephyte, C – chamefit zielny – herbaceous chamaephyte, F – fanerofit – phanerophyte; IV – trwałość – persistence: K – gatunki krótkotrwałe – annual and biennial species, W – gatunki wieloletnie – perennial species; V – częstotliwość – frequency: VI – procentowy udział w pokryciu – percentage participation in cover: 1 – odłogi < do pięciu lat – to five old years fallow, 2 – odłogi od 5 do 10 lat – old years fallow, 3 – odłogi >10 lat, + gatunek występował sporadycznie (udział poniżej 0,1%) – + species occurred rarely (percentage below 0,1%)

Przyjmując za gatunek dominujący ten, którego procentowy udział w pokryciu powierzchni odłogu stanowił przynajmniej 5%, można stwierdzić, że w badaniach były to: *Artemisia vulgaris*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Tanacetum vulgare*, *Epilobium hirsutum*, *Calamagrostis epigeios*, *Fastuca pratensis*, *Holcu lanatus*, *Poa pratensis* i *Setaria viridis*. Na znaczącą obecność tych gatunków w fitocenozach z nawłocią zwrócili uwagę w swoich badaniach Rola, Rola (2010). Analizując wskaźnik tendencji dynamicznych w ostatnich dziesięcioleciach na podstawie opracowania Zarzyckiego i wsp. (2002), wszystkim tym gatunkom przypisuje się duży wzrost i zajmowanie nowych stanowisk. Wśród wszystkich oznaczonych gatunków wykazano 3 należące do rodzaju *Solidago* sp. Były to *Solidago canadensis*, *S. gigantea* i *S. virgaurea*, z których największy udział

w pokryciu miała *Solidago gigantea*. Stwierdzono, że wraz z upływem czasu odłogowania procentowy udział wszystkich tych gatunków zmniejszał się. Dla *Solidago gigantea* na odłogach najmłodszych określono 14,5% pokrycia, na odłogach 5–10-letnich 13,3%, a na najstarszych powyżej 10 lat 2,9%. Dla *Solidago canadensis* i *Solidago virgaurea* wartości te wynosiły odpowiednio: 6,9, 0,8 i 3,0% oraz 4,2, 0 i 0,6%. Świadczyć to może, że inwazyjność tych gatunków jest krótkotrwała i z czasem przegrywają one konkurencję z innymi gatunkami tworzącymi zbiorowiska roślinne na terenach nieużytkowanych. Podobnie jak u *Solidago* gatunkami, u których zmniejszał się udział w zasiedleniu pól odłogowanych wraz z ich wiekiem, były: *Erigeron ramosus*, *Epilobium hirsutum*, *Holcus lanatus* i *Polygonum persicaria*. Natomiast do gatunków, których udział w pokryciu wraz z czasem odłogowania zwiększał się, należały: *Achillea millefolium*, *Artemisia vulgaris*, *Lolium perenne*, *Reynoutria Japonia*, *Potentilla argentea* i *Urtica dioica*. Większość z tych gatunków to apofity łąkowe lub leśno-zaroślowe.

WNIOSKI

1. Zbiorowiska roślinne pól odłogowanych w rejonie badań tworzyło 97 gatunków należących do 25 rodzin, a najliczniej reprezentowaną rodziną była *Asteraceae* (24 gatunki).

2. W rejonie badań wykazano obecność trzech gatunków z rodzaju *Solidago* sp., były to *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea* i *Solidago virgaurea*.

3. Wraz z upływem czasu odłogowania procentowy udział wszystkich tych gatunków w pokryciu zazwyczaj zmniejszał się. Najwyraźniej zaznaczyło się to u *Solidago gigantea*, dla której na odłogu najmłodszych określono 14,5 procentowy udział w pokryciu, na 5–10-letnich 13,3, a na najstarszych (powyżej 10 lat) zmniejszył się on do 2,9%.

PIŚMIENNICTWO

- Dajdok Z., Śliwiński M., 2007. Rośliny inwazyjne Dolnego Śląska. Polski Klub Ekologiczny – Okręg Dolnośląski. Wrocław.
- Faliński J.B., 2004. Inwazje w świecie roślin. *Phytocoenosis* vol. 11 (N.S.), *Seminarium Geobotanicum* 10.
- Guzikowa M., Maycock P.F., 1986. The invasion and expansion of Tyree North American species of golden rod (*Solidago canadensis* L. sensu lato, *S. gigantea* Ait. and *S. graminifolia* (L.) Salisb.) in Poland. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 55(3): 365–384.
- Jasiewicz A., 1965. Rośliny naczyniowe Bieszczadów Zachodnich. *Monogr. Bot.*, 20, 1–340.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland a checklist. Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski. Institute of Botany, Polish Academy Sci. Kraków: 1–442.
- Rola J., Rola H., 2010. *Solidago* ssp. biowskaźnikiem występowania odłogów na gruntach rolnych. *Fragm. Agron.*, 27: 122–131.

- Śliwiński M., 2008. Wybrane antropofity brzegów Bystrzycy na odcinku Krasków–Jarnołów. Acta Bot. Siles., 3: 121–136.
- Weber E., 1998. The dynamic of lant invasions: a case study of tree exotic goldenrod species (*Solidago* L.) in Europe. J. Biogeogr., 25: 147–154.
- Zajac E.U., Zajac A., 1975. Lista archeofitów występujących w Polsce. The list of archeophytes occurring in Poland. Zesz. Nauk. Uniw. Jagiell., Prace Bot., 3: 7–16.
- Zajac M., Zajac A., 1992. A tentative list of segetal and ruderal apophytes in Poland. Prowizoryczna lista apofitów segetalnych i ruderalnych w Polsce. Zesz. Nauk. Uniw. Jagiell. 1059, Prace Bot., 24: 7–21.
- Zajac A., Zajac M., Tokarka-Guzik B., 1998. Kenophytes In flora of Poland: list, status and origin. Phytocoenosis vol. 10. Supplementum Cartographiae Geobotanicae 9. Warszawa-Białowieża: 107–115.
- Zarzycki K., Trzcńska-Tacik H., Różański W., Szelaż Z., Wołek J., Korzeniak U., 2002. Ecological indicator values of vascular plants of Poland. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. Institute of Botany, Pol. Academy Sci. Kraków: 1–183.

THE OCCURRENCE OF SPECIES FROM GENUS *SOLIDAGO* SP. ON FALLOWS NEAR WROCLAW

Summary

The studies on percentage of species from genus *Solidago* sp. in plant communities on abandoned lands in Wrocław surroundings were conducted in 2004–2010. The basis of research was 147 phytosociological pictures taken in 21 measuring points differed in time which past since the abandonment. There were three types of fallow lands: until 5 years, between 5–10 years and over 10 years.

In studied communities 98 species were noticed, they belonged to 25 families. Regardless of fallow age the most frequent group made species from *Asteraceae* family (24 species).

From among all the species three of them belonged to genus *Solidago* spp. They were *Solidago canadensis*, *S. gigantea* and *S. virgaurea*. *Solidago gigantea* constituted the highest percentage of covering. It was noticed that along with time of fallow age percentage share of all those species in cover of fallows area decreased. On the youngest fallows percentage of *Solidago gigantea* was 14,5%, on 5–10 year-old fallows 13.3% and on the oldest ones 2.9%. For *Solidago canadensis* and *Solidago virgaurea* these percentages were respectively 6,9, 0,8 3,0% and 4,2, 0 i 0,6%.

KEY WORDS: abandoned lands, plant communities, species from genus *Solidago* sp.

Marta Ziemińska-Smyk

ZMIANY W ZACHWASZCZENIU UPRAW ZBÓŻ NA ZAMOJSZ-
CZYŹNIE GATUNKAMI Z RODZINY TRAW (*POACEAE*)
CHANGE IN WEEDS INFESTATION IN CEREAL CROPS
NEAR ZAMOŚĆ WITH GRASS SPECIES (*POACEAE*)

Katedra Biologii Roślin, Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Department of Biology of Plant, Faculty of Agricultural Sciences in Zamość, University of Life Sciences in Lublin

W wyniku przeprowadzonych badań fitosocjologicznych zidentyfikowano ogółem 165 gatunków segetalnych, w tym 11 gatunków trawiastych. Najgroźniejszym gatunkiem w uprawach zbóż okazała się *Apera spica-venti*, osiągająca najwyższy stopień stałości. Gatunkiem ekspansywnym, szczególnie na rędzinach, była *Avena fatua*. Nieznacznie zmniejszył się udział gatunków higrofilnych takich jak: *Poa annua* i *Agrostis stolonifera*. Zaobserwowano wzrost udziału gatunków charakterystycznych dla upraw okopowych jak: *Echinochloa crus-galli* i *Setaria glauca*.

SŁOWA KLUCZOWE: gatunki jednoliścienne, trawy, zachwaszczenie, zboża

WSTĘP

Rośliny zbożowe mają decydujące znaczenie w całości produkcji roślinnej. W skali światowej zboża zajmują 71% całości gatunków uprawnych. W ostatnich latach w Polsce następuje wzrost zasiewów zbóż, grupa stanowi już około 77% udziału w strukturze zasiewów, zwłaszcza na glebach gorszych (Zajac i wsp. 2006). Coraz większym problemem jest zjawisko zwiększania się udziału gatunków chwastów z rodziny traw (*Poaceae*) w zachwaszczeniu upraw polowych. Ekspansywnymi gatunkami są m.in. *Avena fatua* L., *Elymus repens* Gould., *Apera spica-vent* (L.) P. Beauv. i *Poa annua* L.,

Do cytowania – For citation: Ziemińska-Smyk M., 2012. Zmiany w zachwaszczeniu upraw zbóż na Zamojszczyźnie gatunkami z rodziny traw (*Poaceae*). Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. C, 584: 159–164.

Alopecurus myosuroides Hudson oraz *Anthoxanthum aristatum* Boiss. Proces taki zachodzi w całej Europie (Nordmeyer 2009), w tym i w Polsce (Domaradzki i wsp. 2006, Korniak 1992, Skrzyczyńska 1999). Zjawisko to określił Hołdyński (1991) jako „graminizację” zbiorowisk polnych. Przyczyną ekspansji traw jest częstsze stosowanie herbicydów niszczących rośliny dwuliścienne, a tym samym umożliwiających bujniejszy rozwój gatunków jednoliściennych.

Celem niniejszej pracy są zmiany w zachwaszczeniu zbóż ozimych i jarych jednoliściennymi gatunkami chwastów z rodziny botanicznej trawy (*Poaceae*) na Zamojszczyźnie.

MATERIAŁ I METODY

Badania terenowe przeprowadzono w latach 2007–2008 metodą Braun-Blanqueta w uprawach zbóż (pszenica ozima i jara, żyto, jęczmień i owies). Obserwacje przeprowadzono w 9 miejscowościach rozmieszczonych na terenie gminy Zamość, Szczepreszyn i Adamów. W celu uchwycenia kierunku zmian w zachwaszczeniu zbóż chwastami trawiatymi uzyskane wyniki badań fitosocjologicznych porównano z danymi pochodzącymi z lat 1991–1995, z tego samego obszaru (Ziemińska 1998). W okresie badań wykonano łącznie 135 zdjęć, w tym: 60 zdjęć na glebach lessowych i 75 na rędzinach. Zdjęcia fitosocjologiczne zestawiono w tabelach zbiorczych (tab. 1–2), wyliczając dla każdego gatunku stałość jego występowania (S) oraz współczynnik pokrycia (D). Zmiany średniego współczynnika pokrycia określono, korzystając z opracowania Skrzyczyńskiej (1994).

Tabela 1

Table 1

Zachwaszczenie roślin zbożowych na glebach brunatnych wytworzonych z lessów
Weeding of cereal crops on brown soils derived from loess

Gatunek chwastu Species of weed	Lata 1991–1995 Years 1991–1995		Lata 2007–2008 Years 2007–2008				Zmiany Changes	
	ozime i jare winter and spring		ozime i jare winter and spring		ozime winter	jare spring		
	S*	D	S	D	S	S	S	D
<i>Apera spica-venti</i>	V	1104,0	V	1425,0	V	IV	0	+4
<i>Agrostis stolonifera</i>	II	181,0	I	7,5	I	–	-I	-3
<i>Setaria glauca</i>	II	111,0	II	125,5	I	II	0	+1
<i>Elymus repens</i>	II	54,0	III	75,0	II	I	+I	+1
<i>Avena fatua</i>	I	259,0	III	130,5	II	I	+II	-3
<i>Setaria viridis</i>	–	–	I	0,5	–	I	+I	+S
<i>Echinochloa crus-galli</i>	I	6,0	I	27,5	–	I	0	+1
<i>Poa annua</i>	I	8	I	5	I	–	0	-S
<i>Bromus secalinus</i>	I	6,0	II	35,0	II	–	+I	+1
Liczba gatunków ogółem Total number of species	98		66		62	53	–	

Objaśnienia: S – stałość, D – współczynnik pokrycia

Explanations: S – constancy, D – coefficient of coverages

Tabela 2
Table 2Zachwaszczenie roślin zbożowych na glebach rędzinowych
Weeding of cereal crops on redzinas

Gatunek chwastu Species of weed	Lata 1991–1995 Years 1991–1995		Lata 2007–2008 Years 2007–2008				Zmiany Changes	
	ozime i jare winter and spring		ozime i jare winter and spring		ozime winter	jare spring		
	S*	D	S	D	S	S	S	D
<i>Avena fatua</i>	III	111,1	III	586,0	II	III	0	+4
<i>Apera spica-venti</i>	II	685,0	III	508,3	II	I	-I	-3
<i>Elymus repens</i>	II	251,0	I	8,0	I	–	-I	-3
<i>Lolium perenne</i>	I	2,0	–	–	I	–	-I	-S
<i>Bromus secalinus</i>	I	1,0	I	2,0	I	–	0	+S
<i>Echinochloa crus-galli</i>	–	–	I	2,0	–	I	+I	+S
<i>Dactylis glomerata</i>	–	–	I	0,4	I	–	+I	+S
Liczba gatunków ogółem Total number of species	105		84		78	69	–	

Objaśnienia jak w tabeli 1
Explanations: see Table 1

WYNIKI I OMÓWIENIE

W wyniku przeprowadzonych badań fitosocjologicznych na glebach rędzinowych i brunatnych wytworzonych z lessów zidentyfikowano ogółem 165 gatunków segetalnych, w tym 11 gatunków trawiastych. Zbiorowiska segetalne na poszczególnych rodzajach gleb różniły się nieznacznie liczbą gatunków chwastów z rodziny traw. Większy udział miały one w uprawach zbóż na lessach. Zanotowano tam 9 gatunków trawiastych (13,6% ogółu flory segetalnej – tab. 1). Na rędzinach odnaleziono 6 taksonów z rodziny *Poaceae* (7,1% ogółu gatunków – tab. 2). Wartości te nie odbiegają od podanych przez Balcerkiewiczza i wsp. (1999). Według badań tego autora liczbowy udział gatunków traw wynosi od 9,8 do 14,9% całej flory analizowanych jednostek terytorialnych Polski.

Obserwacje stanu zachwaszczenia upraw zbóż ozimych i jarych prowadzono na glebach brunatnych wytworzonych z lessów oraz rędzinach. W zasiewach zbóż na lessach wystąpiło 66 taksonów chwastów segetalnych, w tym 62 gatunki w zbożach ozimych i 53 gatunki w zbożach jarych (tab. 1). Znaczenie poszczególnych taksonów z rodziny traw w zachwaszczeniu zbóż jest bardzo różne. Biorąc pod uwagę stałość (S) oraz średni współczynnik pokrycia (D), najgroźniejszym gatunkiem w uprawach zbóż ozimych i jarych na glebach lessowych okazała się *Apera spica-venti* (tab. 1). Osiągała ona najwyższy – V stopień zachwaszczenia w obu okresach badań, przy czym w ostatnim okresie zwiększył się średni współczynnik pokrycia tego gatunku (tab. 1). Miotła zbożowa uważana jest za gatunek bardzo uciążliwy dla zbóż w całej Polsce. Jest gatunkiem o dużej zdolności konkurencyjnej w stosunku do zbóż (Kapeluszny 1981). Powodem wzrostu zachwaszczenia zbóż tym gatunkiem jest stosowanie uproszczeń w agrotechnice i zmianowaniu (Skrzyżczyńska 1999). Zaliczana jest do chwastów uodporniających się na stosowane herbicydy.

Najwięcej jej biotypów odpornych na stosowane herbicydy występuje na północy kraju, nieco mniej na Dolnym Śląsku i na Kujawach (Adamczewski, Kierzek 2007). W zbożach ozimych na lessach zaobserwowano również zwiększenie udziału wieloletniego gatunku *Elymus repens* (tab. 1). W składzie florystycznym zbóż jarych znaczący udział miały gatunki traw typowe dla roślin okopowych takie jak: *Echinochloa crus-galli* i *Setaria viridis* (tab. 1). Zwiększenie udziału tych gatunków w zachwaszczeniu zbóż jarych dowodzi o zaniku odrębności florystycznej zbiorowisk zachwaszczających różne grupy roślin uprawnych (Skrzyczyńska 1999). Udział gatunków higrofilnych w zachwaszczeniu zbóż takich jak: *Poa annua* i *Agrostis stolonifera* nieznacznie się zmniejszył (tab. 1), czego powodem może być stopniowe osuszanie pól.

Ekspansywnym gatunkiem na glebach rędzinowych okazała się *Avena fatua*, którą częściej spotykano w zbożach jarych niż ozimych. Na glebach tych zaobserwowano znaczący wzrost współczynnika pokrycia tego taksonu (tab. 2). Owies głuchy uznany jest obecnie za ekspansywny gatunek na różnych kompleksach glebowo-rolniczych (Korniak 1992). Kolejnym ekspansywnym gatunkiem trawiastym w zbożach ozimych okazała się miotła zbożowa, zwiększająca swój stopień stałości (tab. 2). W zbiorowiskach segetalnych towarzyszącym zbożom ozimym zanotowano apofity łąkowe takie jak: *Lolium perenne* i *Dactylis glomerata* (tab. 2). Gatunkiem nieznacznie zwiększającym swoją liczebność w zbiorowiskach zbóż ozimych jest *Bromus secalinus*, którego diaspory przystosowane są do rozprzestrzeniania się wraz z materiałem siewnym. Gatunek ten zwiększył swój udział szczególnie na glebach lessowych (tab. 1). Wielu autorów zalicza go do taksonów ustępujących w naszej florze segetalnej (Korniak i Urbisz 2007). Z kolei Rzymowska i wsp. (2006) odnotowała niewielki wzrost liczby stanowisk tego gatunku, na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”.

WNIOSKI

1. W wyniku przeprowadzonych badań fitosocjologicznych na glebach rędzinowych i brunatnych wytworzonych z lessów zidentyfikowano ogółem 165 gatunków segetalnych, w tym 12 gatunków trawiastych.

2. Gatunki z rodziny *Poaceae* w różnym stopniu zachwaszczały badane uprawy. Gatunkiem najbardziej zagrażającym dla zbóż ozimych i jarych na obu rodzajach gleb okazała się *Apera spica-venti*, osiągająca najwyższe stopnie stałości (S) oraz współczynniki pokrycia (D).

3. Na glebach rędzinowych i lessach w ostatnich latach badań zaobserwowano znaczny wzrost liczebności *Avena fatua* oraz *Bromus secalinus*.

4. W składzie florystycznym zbóż jarych zanotowano taksony typowe dla zbiorowisk upraw okopowych takie jak: *Echinochloa crus-galli*, *Setaria glauca* i *S. viridis*.

PIŚMIENNICTWO

Adamczewski K., Kierzek R., 2007. Występowanie biotypów miotły zbożowej (*Apera spica-venti* L.) odpornej na herbicydy sulfonilomocznikowe. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 47(3): 335–339.

- Balcerkiewicz S., Górski P., Pawlak G., 1999. Grasses in the segetal communities of Poland. *Fragm. Flor. Geobot. Suppl.*, 7: 127–147.
- Domaradzki K., Rola H., Jezierska-Domaradzka A., 2006. Zmiany w składzie florystycznym zbiorowiska chwastów segetalnych w wieloletniej monokulturze pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 143: 59–66.
- Hołdyński Cz., 1991. Flora segetalna, zróżnicowanie florystyczno-ekologiczne i przemiany szaty roślinnej pól uprawnych w aktualnych warunkach agroekologicznych Żuław Wiślanych. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst.*, 51, suppl. B: 1–50.
- Kapeluszny J., 1981. Badania nad progami szkodliwości oraz niektórymi elementami biologii miotły zbożowej *Apera spica-venti* (L.) i owsa głuchego – *Avena fatua* L. w pszenicy ozimej. *Rozprawy Nauk. AR Lublin*, 71: 1–35.
- Korniak T., 1992. Flora segetalna północno-wschodniej Polski, jej przestrzenne zróżnicowanie i współczesne przemiany. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricultura*, 53: 5–66.
- Korniak T., Urbisz A., 2007. Trawy synantropijne, [w:] *Księga Polskich Traw*. pod red. Freya L. PAN, Kraków: 317–342.
- Nordmeyer H., 2009. Spatial and temporal dynamics of *Apera spica-venti* seedling populations. *Crop Protection*, 28: 831–837.
- Rzymowska Z., Skrzyczyńska J., Skrajna T., 2006. Zmiany po 10 latach w występowaniu rzadkich gatunków segetalnych w Parku Krajobrazowym „Podlaski Przełom Bugu”. *Pam. Puł.*, 143: 145–155.
- Skrzyczyńska J., 1994. Studia nad florą i zbiorowiskami segetalnymi Wysoczyzny Siedleckiej. *Rozprawy Nauk.*, 39, WSRP Siedlce.
- Skrzyczyńska J., 1999. Zachwaszczenie upraw Wysoczyzny Siedleckiej na tle warunków glebowych. Cz. I. Zachwaszczenie zbóż i okopowych. *Rocz. Nauk. Rol. s. A*, 114:137–151.
- Zajac T., Szafranski W., Gierdziewicz M., Pieniek J., 2006. Plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego po różnych przedplonach. *Fragm. Agron.*, 2(90): 174–184.
- Ziemińska M., 1998. Zbiorowiska chwastów segetalnych w otulinie RPN. Praca doktorska AR Lublin.

CHANGE IN WEEDS INFESTATION IN CEREAL CROPS NEAR ZAMOŚĆ WITH GRASS SPECIES (*POACEAE*)

Summary

As a result of phytosociological research conducted on rendzinas and brown soils derived from loess, 165 segetal species have been identified, including 11 grass species. *Apera spica-venti* appeared to be the most dangerous in cereal crops due to its high degree of constancy. *Avena fatua* appeared to be one of the most expansive species especially in rendzinas. The amount of hygrophites such as: *Poa annua* and *Agrostis stolonifera* in crop cereals on loess soils has insignificantly decreased. The amount of species characteristic for root crops such as: *Echinochloa crus-galli* and *Setaria glauca* has increased.

KEY WORDS: monocotyledonous species, grass, weeding, crops