

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

¹Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli, ul. Orzechowa 61, 50-540 Wrocław

²Leasaffre Polska S.A., ul. Dworcowa 36, 46-250 Wołczyn

e-mail: t.sekutowski@iung.wroclaw.pl

TOMASZ R. SEKUTOWSKI¹, BARTŁOMIEJ KARAMON²,
JÓZEF ROLA¹, HENRYKA ROLA¹

Wpływ nawadniania pól uprawnych ściekami wytwarzanymi podczas produkcji drożdży na skład flory segetalnej

Effect of irrigating the fields with wastewater generated during the production
of yeast on the composition of the segetal flora

Streszczenie. W doświadczeniu przeprowadzonym na polach produkcyjnych należących do firmy Leasaffre Polska z siedzibą w Wołczynie (51°4'N, 17°57'E) oceniano wpływ nawadniania ściekami uzyskanymi z przemysłu spożywczego (po produkcji drożdży) na występowanie oraz skład gatunkowy chwastów w łanie mozgi trzcinowatej, pszenicy jarej, pszenicy ozimej oraz kukurydzy. Niezależnie od rośliny uprawnej oraz zastosowanej dawki polewowej ścieku główny składnik flory segetalnej nawadnianych plantacji stanowiły gatunki higrofilne, tj. *Phragmites australis*, *Equisetum arvense*, higro-, i nitrofilne, tj. *Polygonum hydropiper*, *Symphytum officinale*, *Echinochloa crus-galli*, *Poa trivialis*, *Apera spica-venti*, *Matricaria maritima* ssp. *Indora*, oraz nitrofilne, tj. *Galium aparine*, *Solanum nigrum*, *Urtica dioica* i *Galinsoga parviflora*. Natomiast na plantacjach, na których nie stosowano nawadniania ściekiem, najczęściej występowały gatunki siedlisk suchych lub okresowo wysychających, tj. *Setaria viridis*, *Conyza canadensis*, *Bromus hordeaceus* czy *Plantago lanceolata*. Ponadto dość liczną grupę stanowiły gatunki, które występowały zarówno na polach nawadnianych, jak i nienawadnianych, a które można określić mianem neutralnych, tj. *Elymus repens*, *Capsella bursa-pastoris*, *Fallopia convolvulus*, *Geranium pusillum*, *Polygonum aviculare* i *Cirsium arvense*.

Słowa kluczowe: ścieki, nawadnianie, rośliny uprawne, flora segetalna

WSTĘP

Najbardziej naturalnym kierunkiem zagospodarowania już istniejących i aktualnie powstających produktów odpadowych, w szczególności tych, które zawierają organiczne składniki pokarmowe, jest ich wykorzystanie rolnicze. W zależności od przygotowania oraz warunków lokalnych zawsze będą stanowiły odpad do składowania lub po odpowiednim przygotowaniu produkt nadający się do rolniczego wykorzystania [Bauman-Kaszubska i Sikorski 2008]. Ze względu na swoje właściwości osady pochodzące np. z przemysłu spożywczego mogą stanowić doskonały nawóz organiczny. Jako produkt uboczny nie muszą być wcale balastem, gdyż mogą być wykorzystane do nawożenia, np. roślin uprawianych na cele energetyczne lub do rekultywacji terenów ubogich w składniki pokarmowe, i niejako przy okazji zostać z powodzeniem zutylicowane [Gondek i Filipek-Mazur 2006, Szwedziak 2006, Kołodziej i in. 2010]. Oczywiście, aby osad mógł być wykorzystany rolniczo, powinien zostać odpowiednio przygotowany, tak aby jak najmniej szkodliwie wpływał na agrofityocenozę [Siuta 2003].

W agrofityocenozie oprócz rośliny uprawnej występują również inne gatunki roślin, które pojawiają się spontanicznie w łanie, a przez rolników nazywane są chwastami. Nie bez znaczenia jest fakt, że chwasty rosną w określonych warunkach, które kształtowane są w dużej mierze przez siedlisko oraz czynnik antropogeniczny, wynikający najczęściej z zastosowanych zabiegów agrotechnicznych, tj. sposobów uprawy roli, nawożenia czy zabiegów pielęgnacyjnych [Kornaś 1981, Hołdyński i in. 2000, Szymankiewicz i in. 2003, Jędruszczak i Antoszek 2004, Stupnicka-Rodzynkiewicz i in. 2004, Szulc i in. 2005, Sowiński 2006]. Dzięki temu chwasty mogą być nie tylko wskaźnikiem rzeczywistych warunków glebowo-klimatycznych, lecz także z dużym prawdopodobieństwem pozwalają rolnikowi określić możliwości produkcyjne pola. Bardzo często chwasty mogą być bardzo dobrymi indykatorami. Fitoindykacja, czyli indykacja wykorzystująca organizmy roślinne, obejmuje wiele kategorii wskaźników. Zmiany składu i proporcji gatunków lub ich grup (np. formy morfologiczne, grupy ekologiczne, poziomy troficzne) są uzależnione od natężenia czynników środowiskowych [Richling i Solon 2002]. Dzięki takim właściwościom fitoindikatorów możemy ocenić siedlisko pod względem wilgotności, zasobności w azot i węglan wapnia [Solon 2005, Affek-Starczewska i Skrzyczyńska 2008, Trąba 2011, Zarzycki i in. 2011]. Na glebie wilgotnej i zasobnej w azot możemy spodziewać się występowania np. *Galium aparine*, *Urtica dioica*, *Urtica urens*, *Apera spica-venti* czy *Echinochloa crus-galli*, a na glebie suchej, piaszczystej, ubogiej w węglan wapnia, bardzo dobrze rozwija się np. *Erodium cicutarium*, *Viola arvensis*, *Viola arvensis*, *Centaurea cyanus*, *Raphanus raphanistrum* czy *Conyza canadensis* [Markow 1978, Mowszowicz 1986, Ratyńska 2003, Woźnica 2008].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawadniania ściekami uzyskanymi z przemysłu spożywczego (po produkcji drożdży) na zróżnicowanie gatunkowe chwastów występujących w uprawie mozgi trzcinowatej, pszenicy jarej, pszenicy ozimej oraz kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał źródłowy stanowiły wyniki obserwacji stanu i stopnia zachwaszczenia łąn mozgi trzcinowatej, pszenicy jarej, pszenicy ozimej oraz kukurydzy. Badania zostały przeprowadzone na 4 polach produkcyjnych, które znajdują się na glebie brunatnej pylastej na podłożu gliniastym, klasy IIIa i IVb, należących do firmy Lesaffre Polska z siedzibą w Wołczyńcu. Szczegółową charakterystykę siedlisk badanych plantacji przedstawiono w tabeli 1. Każda z 4 plantacji była podzielona na dwie części: nawadnianą oraz nienawadnianą. Na każdej z tych plantacji, zarówno na części nawadnianej, jak i nienawadnianej, zlokalizowano po 3 punkty obserwacyjne, czyli po 6 na badanej plantacji, co w sumie daje 24 punkty obserwacyjne. Ocena składu oraz ilościowości gatunków dokonano na podstawie 288 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w latach 2011–2012 z wykorzystaniem skali Braun-Blanqueta. Powierzchnia każdego zdjęcia wynosiła 25 m². Ilościowość gatunków w tabelach fitosocjologicznych wyrażono średnią wartością współczynnika pokrycia (D), a częstość występowania stopniem stałości (S) [Pawłowski 1977, Faliński 2001]. Ponadto gatunki przyporządkowano do następujących grup: jednoliścienne roczne i wieloletnie oraz dwuliścienne roczne i wieloletnie [Aldrich 1997, Szweykowska i Szweykowski 2003]. Nomenklaturę gatunków występujących na badanych plantacjach przyjęto za opracowaniem Mirka i in. [2002].

Analizy chemiczne gleby dla poszczególnych pól przeprowadzane są co 5 lat i zlecaje firmie zewnętrznej SGS EKO-Projekt z siedzibą w Pszczynie. Ostatnia analiza wykonana była w 2011 r., czyli w roku podjęcia badań fitosocjologicznych.

Nawadnianie poszczególnych plantacji odbywa się sukcesywnie, co 4–6 tygodni przez cały okres wegetacji roślin, które aktualnie znajdują się na tych polach. Dawki polewowe rozprowadzane są systemem nawadniającym, nalistnym, przy użyciu ruchomych deszczowni rampowych. Suma dawek ścieku surowego w okresie wegetacyjnym na części nawadnianej plantacji mozgi trzcinowatej wynosiła – 1000 mm, pszenicy jarej – 400 mm, pszenicy ozimej – 500 mm, a na plantacji kukurydzy – 900 mm. Zastosowany do nawadniania ściek surowy, uzyskany po produkcji drożdży, ma około 1–2% s.m., odczyn w zakresie pH = 6,0–7,0 oraz zawiera następujące makroelementy: azot (0,05–0,11%), fosfor (0,03–0,06%), potas (0,10–0,25%) oraz śladowe ilości siarki i magnezu, a także 0,2–0,4% mikroelementów, tj. cynk i sód. Analizy zawartości makro- oraz mikroelementów wykonywane są każdorazowo dla poszczególnych partii ścieku surowego w laboratorium zakładowym firmy Lesaffre Polska.

Klimat obszaru, na którym przeprowadzono badania fitosocjologiczne, jest typowy dla Niziny Śląskiej. Charakteryzuje się średnimi opadami atmosferycznymi na poziomie 450–550 mm. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi około 8,5°C. W regionie dominują wiatry południowo-zachodnie [Kondracki 2012].

WYNIKI

Na podstawie obserwacji przeprowadzonych w łąnie mozgi trzcinowatej, zarówno na części nawadnianej, jak i nienawadnianej ściekami po produkcji drożdży, stwierdzono występowanie łącznie 30 gatunków. Na plantacji nawadnianej odnotowano 21 gatunków, natomiast na plantacji nienawadnianej 23 gatunki. Wspólnych taksonów, czyli występu-

jących zarówno na plantacji nawadnianej, jak i nienawadnianej, wyodrębniono łącznie 14, w tym jednoliściennych rocznych – 1, dwuliściennych rocznych – 5, a dwuliściennych wieloletnich (łącznie z *Equisetum arvense*) – 8. Natomiast 7 gatunków występowało tylko na plantacji nawadnianej, w tym jednoliścienne wieloletnie – 3, dwuliścienne roczne – 2 i dwuliścienne wieloletnie – 2. Pozostałe 9 gatunków spośród wszystkich zidentyfikowanych to taksony, które występowały jedynie na plantacji nienawadnianej; spośród jednoliściennych rocznych odnotowano – 1, dwuliściennych rocznych – 1, a dwuliściennych wieloletnich – 7 (tab. 2, 3).

Tabela 1. Charakterystyka glebowa badanych plantacji
Table 1. Soil characteristics of studied plantations

Wyszczególnienie Description	Roślina uprawna – Crops							
	mozga trzcinowata reed canary grass		pszenica jara spring wheat		pszenica ozima winter wheat		kukurydza maize	
	nawadniana irrigation	nienawadniana non-irrigation	nawadniana irrigation	nienawadniana non-irrigation	nawadniana irrigation	nienawadniana non-irrigation	nawadniana irrigation	nienawadniana non-irrigation
Klasa bonitacyjna Soil class	IVb	IVb	IIIa	IIIa	IIIa	IIIa	IIIa	IIIa
Typ gleby Soil type	brunatna brown soil		brunatna brown soil		brunatna brown soil		brunatna brown soil	
Jednostka glebowa Soil unite	pg:gl	pg:gl	gs:gpl	gs:gpl	gs:gpl	gs:gpl	gs:gpl	gs:gpl
Substancja organiczna Organic matter (%)	1,9	1,8	2,0	1,7	2,2	2,1	2,3	2,2
pH	8,0	7,0	8,0	6,6	7,0	7,1	7,6	6,8
Fosfor Phosphorus (mg · kg ⁻¹)	248 ^I	138 ^{III}	109 ^{III}	47 ^V	201 ^I	134 ^{III}	185 ^{II}	170 ^{II}
Potas Potassium (mg · kg ⁻¹)	838 ^I	574 ^I	1090 ^I	720 ^I	550 ^I	563 ^I	722 ^I	219 ^{II}
Magnez Magnesium (mg · kg ⁻¹)	107 ^I	59 ^{III}	81 ^{II}	53 ^{III}	91 ^I	74 ^{II}	114 ^I	69 ^{III}

Objaśnienia: zawartość makroelementów w glebie: I – bardzo wysoka, II – wysoka, III – średnia, IV – niska, V – bardzo niska [Zalecenia nawozowe IUNG 1990]

Explanations: macroelements content in the soil: I – very high, II – high, III – standard, IV – low, V – very low [Zalecenia nawozowe IUNG 1990]

Najwyższy stopień stałości i współczynnik pokrycia wśród wszystkich gatunków chwastów występujących na plantacji nawadnianej ściekami miały dwa taksony: *Urtica dioica* (S = III, D = 865) oraz *Plantago maior* (S = III, D = 755). Ponadto w tym zbiorowisku odnotowano obecność gatunków związanych z siedliskami wilgotnymi i zasob-

nymi w azot: *Apera spica-venti*, *Matricaria maritima ssp. inodora*, *Sonchus arvensis* (S = II, D – od 163 do 175) oraz mokrymi: *Phragmites australis*, *Poa trivialis* i *Equisetum arvense* (S = II, D – od 195 do 250). Pozostałe gatunki chwastów wystąpiły w I i II klasie stałości z niewielkim współczynnikiem pokrycia (tab. 3).

Tabela 2. Liczba gatunków chwastów w zależności od zastosowanej (lub braku) dawki ścieku
Table 2. Number of weed species depending on the applied (or not) of sewage dose

Plantacja Plantation	Liczba gatunków chwastów Number of weed species			
	występujące tylko na plantacji nawadnianej located only on the irrigated plantation	występujące tylko na plantacji nienawadnianej located only on the non-irrigated plantation	wspólne common	suma wszystkich gatunków chwastów total number of weeds species
Mozga trzcinowata Reed canary grass	21	23	14	30
Pszenica jara Spring wheat	17	17	15	19
Pszenica ozima Winter wheat	15	15	15	15
Kukurydza Maize	19	19	17	21

Z obserwacji, jakie przeprowadzono na plantacji nienawadnianej, wynika, że charakteryzowała się ona największym bogactwem florystycznym. Jednak w tym zbiorowisku dominantem o najwyższym stopniu stałości i współczynnikiem pokrycia był jeden gatunek: *Taraxacum officinale* (S = IV, D = 1251). W strukturze zbiorowiska zaobserwowano również gatunki towarzyszące, pojawiające się przeważnie na stanowiskach suchych lub przejściowo wysychających: *Bromus hordeaceus* (S = II, D = 275), *Plantago lanceolata* (S = II, D = 187) i *Coryza canadensis* (S = II, D = 127). Natomiast pozostałe gatunki chwastów wystąpiły zaledwie w I klasie stałości z niewielkim współczynnikiem pokrycia (tab. 3).

W łanie pszenicy jarej, zarówno na plantacji nawadnianej, jak i nienawadnianej ściekami, stwierdzono łącznie obecność 19 gatunków chwastów, a na każdej z osobna po 17 gatunków. Wyodrębniono łącznie 15 wspólnych taksonów, w tym jednoliściennych rocznych – 4, dwuliściennych rocznych – 8, a dwuliściennych wieloletnich (łącznie z *Equisetum arvense*) – 3. Natomiast 2 gatunki dwuliściennie roczne: *Brassica napus* i *Geranium pusillum* występowały jedynie na plantacji nawadnianej, a *Polygonum persicaria* i *Coryza canadensis* wyłącznie na plantacji nienawadnianej (tab. 2, 3).

W łanie pszenicy jarej nawadnianej ściekami stwierdzono dominację 5 gatunków chwastów ale tylko w niektórych badanych płatach roślinnych: *Equisetum arvense* (S = II, D = 585), *Chenopodium album* (S = II, D = 305), *Echinochloa crus-galli* (S = II, D = 291), *Cirsium arvense* (S = II, D = 278) i *Matricaria maritima ssp. inodora* (S = II, D = 187). Natomiast pozostałych 12 taksonów występujących w łanie charakteryzowało się niskimi stopniami stałości i pokrycia (tab. 3).

Tab. 3

Tab. 3

Tab. 3

Na plantacji pszenicy jarej nienawadnianej ściekami odnotowano obecność 2 gatunków charakterystycznych dla siedlisk suchych: *Conyza canadensis* (S = II, D = 209) lub przejściowo wysychających: *Avena fatua* (S = II, D = 144). Zbliżony współczynnik pokrycia stwierdzono dla *Cirsium arvense* (S = II, D = 155), gatunku znoszącego szeroki zakres wilgotności gleby. Natomiast pozostałe gatunki chwastów miały niewielkie współczynniki pokrycia (tab. 3).

Ze wszystkich analizowanych plantacji roślin uprawnych łąn pszenicy ozimej charakteryzował się najniższym bogactwem florystycznym, gdyż odnotowano w nim jedynie 15 gatunków chwastów. Wszystkie z zaobserwowanych gatunków miały swoich reprezentantów, zarówno na części nawadnianej, jak i nienawadnianej ściekami, różniąc się jedynie stopniami stałości i współczynnikami pokrycia. Wśród odnotowanych 15 taksonów wyodrębniono tylko 1 gatunek jednoliścienny roczny (*Apera spica-venti*) i 1 takson dwuliścienny wieloletni (*Cirsium arvense*) oraz *Equisetum arvense*. Natomiast zdecydowaną przewagę w łąnie pszenicy ozimej uzyskały taksony dwuliścienne roczne, w obrębie których stwierdzono 12 gatunków (tab. 2, 3).

W łąnie pszenicy ozimej nawadnianej ściekami zaobserwowano dominację 3 gatunków chwastów, związanych najczęściej z siedliskami wilgotnymi i(lub) zasobnymi w azot: *Apera spica-venti* (S = III, D = 1210), *Galium aparine* (S = III, D = 557) oraz *Matricaria maritima* ssp. *inodora* (S = III, D = 418). Ponadto swój wyraźny udział w tym zbiorowisku zaznaczyły 3 inne gatunki, tj. *Capsella bursa-pastoris*, *Cirsium arvense* i *Equisetum arvense* (S = II – III, D – od 355 do 385). Natomiast pozostałe chwasty występowały w I i II klasie stałości, z niewielkim współczynnikiem pokrycia (tab. 3).

Na plantacji pszenicy ozimej nienawadnianej ściekami najliczniej i najczęściej występowały 4 gatunki chwastów: *Capsella bursa-pastoris* (S = III, D = 255), *Galium aparine* (S = II, D = 185), *Cirsium arvense* (S = II, D = 165) oraz *Conyza canadensis* (S = II, D = 125), który jako jedyny jest najczęściej kojarzony z siedliskami suchymi. Kolejne 3 taksony – *Matricaria maritima* ssp. *inodora*, *Viola arvensis* i *Papaver rhoeas* – wystąpiły w II stopniu stałości, ale z niewielkim współczynnikiem pokrycia (D – od 51 do 88). Ponadto sporadycznie obserwowano takie gatunki, jak *Apera spica-venti*, *Brassica napus*, *Geranium pusillum*, *Lamium purpureum*, *Solanum nigrum*, *Stellaria media*, *Thlaspi arvense* i *Equisetum arvense*, które występowały zaledwie w I klasie stałości, z niewielkim współczynnikiem pokrycia (tab. 3).

Na badanych plantacjach kukurydzy odnotowano łącznie 21 gatunków chwastów. Zarówno na części nawadnianej, jak i nienawadnianej stwierdzono ich po 19. Wspólnych taksonów dla obu plantacji wyodrębniono łącznie 17, w tym jednoliściennych rocznych – 11, jednoliściennych wieloletnich – 1, dwuliściennych rocznych – 5, a dwuliściennych wieloletnich (łącznie z *Equisetum arvense*) – 3. Natomiast 2 gatunki (zarówno dwuliścienne roczne, jak i wieloletnie) występowały tylko na plantacji nawadnianej (*Veronica hederifolia*, *Glechoma hederacea*) lub jedynie na plantacji nienawadnianej (*Conyza canadensis*, *Artemisia vulgaris*) (tab. 2, 3).

W strukturze zbiorowiska nawadnianego ściekami po produkcji drożdży zaobserwowano wyraźne zróżnicowanie w obrębie gatunków. W tym zbiorowisku bardzo wysokie lub wysokie stopnie stałości i współczynniki pokrycia osiągnęły gatunki ciepłolubne, preferujące podłoże wilgotne i zasobne w azot, tj. *Echinochloa crus-galli* (S = IV, D = 1750), *Solanum nigrum* (S = IV, D = 1238) i *Galinsoga parviflora* (S = II, D = 185), oraz taksony typowo higrofilne, takie jak *Polygonum hydropiper* (S = III, D = 910),

Symphytum officinale (S = III, D = 375) i *Equisetum arvense* (S = III, D = 355) lub występujące na dość wilgotnych i zasobnych glebach – *Chenopodium album* (S = II, D = 405). Większość pozostałych gatunków występowała w II klasie stałości z małym współczynnikiem pokrycia (D – od 27 do 95). Ponadto w łanie kukurydzy sporadycznie obserwowano takie gatunki, jak *Brassica napus*, *Thlaspi arvense* i *Cirsium arvense*, które występowały w I klasie stałości, z niewielkim współczynnikiem pokrycia (tab. 3).

Na plantacji kukurydzy nienawadnianej ściekami najliczniej i najczęściej występowały 2 gatunki chwastów, kojarzone z siedliskami suchymi: *Setaria viridis* (S = IV, D = 1810) oraz znacznie rzadziej *Conyza canadensis* (S = II, D = 355). Kolejne 5 taksonów – *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album*, *Elymus repens*, *Amaranthus retroflexus* i *Viola arvensis* – występowało w strukturze zbiorowiska jako gatunki towarzyszące, osiągając niższy stopień stałości i współczynniki pokrycia (S = II, D – od 81 do 155). Natomiast pozostałe 12 gatunków, jakie obserwowano w łanie kukurydzy, występowało sporadycznie i zaledwie w I klasie stałości, z niewielkim współczynnikiem pokrycia (tab. 3).

DYSKUSJA

Efektom działalności człowieka jest sztuczny twór, jakim jest agrofitocenoza, w której oprócz rośliny uprawnej występują również chwasty segetalne. Według Markowa [1978], Aldricha [1997] oraz Woźnicy [2008] chwasty segetalne pojawiają się najczęściej w ściśle określonych warunkach polowych. Zdaniem Borowca [2003], Ratyńskiej [2003] i Skrzyczyńskiej [2003] chwasty segetalne swoim składem wyraźnie reagują na uwilgotnienie oraz zasobność gleby w makroelementy (w szczególności w azot), a w następnej kolejności na odczyn gleby. Dzięki temu mogą być nie tylko wskaźnikiem rzeczywistych warunków siedliskowych, ale także z dużym prawdopodobieństwem pozwalają określić możliwości produkcyjne pola oraz mogą być odzwierciedleniem wykonywanych wcześniej zabiegów agrotechnicznych (np. nawadnianie, nawożenie organiczne czy mineralne). Potwierdzeniem tej tezy są wyniki badań własnych, w których na podstawie zdjęć fitosocjologicznych określano wpływ nawadniania ściekami z przemysłu spożywczego, uzyskanymi po produkcji drożdży, na liczebność oraz zróżnicowanie gatunkowe chwastów segetalnych występujących na plantacji mozgi trzcinowatej, pszenicy jarej, pszenicy ozimej i kukurydzy.

Najbogatsze florystycznie zbiorowisko stwierdzono na plantacji mozgi trzcinowatej (30 gatunków), w dalszej kolejności na plantacji kukurydzy (21 gatunków) i pszenicy jarej (19 gatunków), a najmniejszą różnorodnością odznaczała się plantacja pszenicy ozimej (15 gatunków). Największy wpływ na liczebność oraz zróżnicowanie gatunkowe na poszczególnych plantacjach miało zastosowanie dawki polewowej ścieku surowego (nawozu) uzyskanego po produkcji drożdży. Ze względu na bardzo dużą zawartość wody oraz stosunkowo dużą zawartość azotu, na plantacjach nawadnianych stwierdzono liczne występowanie taksonów higrofilnych, tj. *Phragmites australis*, *Equisetum arvense*, higro- i nitrofilnych, tj. *Polygonum hydropiper*, *Symphytum officinale*, *Echinochloa crus-galli*, *Poa trivialis*, *Apera spica-venti*, *Matricaria maritima* ssp. *Indora*, oraz wykazujących wyraźne powinowactwo nitrofilne, tj. *Galium aparine*, *Solanum nigrum*, *Urtica dioica* i *Galinsoga parviflora*.

Również inni badacze wskazują na widoczny wpływ uwilgotnienia oraz żyzności gleby na skład florystyczny. Z badań przeprowadzonych przez Trąbę [2003] i Skrzyżczyńską [2003] wynika, że w siedliskach okresowo nadmiernie wilgotnych przeważają gatunki o dużych wymaganiach wodnych, tj. *Equisetum arvense*, *Agrostis stolonifera*, *Stachys palustris*, *Plantago intermedia*, *Juncus bufonius*, *Myosurus minimus*, *Gnaphalium uliginosum*, *Spergularia rubra*, *Gypsophila muralis*, *Ranunculus repens*, *Mentha arvensis* i *Potentilla anserina*. Podobnego zdania jest Woźnica [2008], który podaje, że glebom nadmiernie mokrym, o wysokim poziomie wody gruntowej lub okresowo podtapianym, towarzyszą również takie gatunki, jak *Rorippa palustris*, *Poa trivialis*, *Phragmites australis* czy *Tussilago farfara*. Natomiast na glebach żyznych i bogatych w azot zdaniem tego autora najczęściej spotykane są gatunki nitrofolne, tj. *Melandrium album*, *Stellaria media*, *Chenopodium album*, *Ch. hybridum*, *Ch. polyspermum*, *Sonchus oleraceus*, *Urtica dioica*, *U. urens*, *Galium aparine*, *Polygonum persicaria*, *Senecio vulgaris*, *Oxalis fontana*, *Capsella bursa-pastoris*, *Thlaspi arvense*, *Euphorbia helioscopia*, *E. peplus*, *Galinsoga parviflora*, *G. ciliata* czy *Matricaria maritima* ssp. *inodora*.

Podobnie Ratyńska [2003] utrzymuje, że niektóre gatunki mogą być uważane za naturalne wskaźniki (fitoindykatory) uwilgotnienia gleby, np. *Juncus bufonius* i *Polygonum hydropiper*, lub zasobności w azot, np. *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*, *S. verticillata* czy *Digitaria sanguinalis*.

Badania własne przeprowadzone na plantacjach, w których nie stosowano nawadniania ściekami po produkcji drożdży, wykazały liczne występowanie taksonów preferujących suchą lub okresowo wysychającą glebę, np. *Setaria viridis*, *Conyza canadensis*, *Bromus hordeaceus* czy *Plantago lanceolata*.

Zdaniem Trąby [2003] w siedliskach suchych Kotliny Sandomierskiej najczęściej dominują gatunki o niewielkich wymaganiach wodnych, tj. *Arnoseris minima*, *Teesdalea nudicaulis*, *Rumex acetosella*, *Digitaria ischaemum* i *Setaria viridis*. Również Markow [1978] uważa, że niektóre gatunki chwastów mogą być brane pod uwagę jako wskaźniki uwilgotnienia gleby. Jego zdaniem w siedliskach przejściowo mocno wysychających można spodziewać się występowania np. *Stachys annua*, *Amaranthus retroflexus*, *Bunias orientalis*, *Erodium cicutarium*, *Knautia arvensis*, *Lactuca virosa*, *Nonea pulla* czy *Silene vulgaris*.

Ponadto podczas przeprowadzonych badań wyodrębniono oddzielną grupę chwastów, które występowały zarówno na polach nawadnianych, jak i nienawadnianych. Są to gatunki, które można określić mianem neutralnych, czyli bardzo szybko adaptujące się do różnych warunków siedliskowych. Dla gatunków neutralnych typ gleby, warunki wilgotnościowo-termiczne, zasobność w makro i mikroelementy czy odczyn gleby mają znaczenie drugorzędne. Do tych gatunków należały takie chwasty, jak: *Elymus repens*, *Capsella bursa-pastoris*, *Fallopia convolvulus*, *Geranium pusillum*, *Polygonum aviculare* i *Cirsium arvense*.

Bez wątpienia należy pamiętać o tym, że przytoczone przykłady konkretnych gatunków chwastów jako biowskaźników nie powinny stanowić jedyne kryterium oceny warunków panujących na określonych polach. Wynika to stąd, że zdolności adaptacyjne chwastów do różnych siedlisk są tak olbrzymie, że bezkrytyczne ich generalizowanie mogłoby być w pewnych warunkach obarczone zbyt dużym błędem. Zdaniem Borowca [1984] oraz Trąby [2011] metoda fitoindykacyjna może jedynie stanowić wartościowe uzupełnienie badań gleboznawczych oraz pełnić funkcję uszczegóławiającą dane zawarte na mapach glebowo-rolniczych, zwłaszcza w określaniu warunków panujących na konkretnym polu.

WNIOSKI

1. Czynnikiem wyraźnie modyfikującym skład florystyczny badanych plantacji było nawadnianie (lub jego brak) ściekiem uzyskanym w procesie produkcji drożdży.

2. Sumarycznie największe procentowe pokrycie chwastami stwierdzono na plantacjach nawadnianych ściekiem. Największe pokrycie stwierdzono na plantacji kukurydzy, w następnej kolejności na plantacji pszenicy ozimej, mozgi trzcinowatej, a najmniejsze na plantacji pszenicy jarej.

3. Niezależnie od rośliny uprawnej oraz dawki polewowej ścieku główny składnik flory segetalnej badanych plantacji stanowiły gatunki higrofilne, tj. *Phragmites australis*, *Equisetum arvense*, higro-, i nitrofilne, tj. *Polygonum hydropiper*, *Symphytum officinale*, *Echinochloa crus-galli*, *Poa trivialis*, *Apera spica-venti*, *Matricaria maritima* ssp. *inodora*, oraz nitrofilne, tj. *Galium aparine*, *Solanum nigrum*, *Urtica dioica* i *Galinsoga parviflora*.

4. Na plantacjach, na których nie stosowano ścieku, najliczniej i najczęściej występowały gatunki znoszące siedliska suche lub okresowo wysychające, tj. *Setaria viridis*, *Coryza canadensis*, *Bromus hordeaceus* czy *Plantago lanceolata*.

5. Niewątpliwie roślinność segetalna jako bioindykator może stanowić uzupełniające źródło wiedzy na temat możliwości produkcyjnych pola oraz wykonywanych zabiegów agrotechnicznych.

PIŚMIENNICTWO

- Affek-Starczewska A., Skrzyczyńska J., 2008. Charakterystyka siedlisk rolniczych Wysoczyzny Siedleckiej metodą fitoindykacyjną. W: B. Kołwzan, K. Grabas (red.), Ekotoksykologia w ochronie środowiska, PZITS, Wrocław, 9–16.
- Aldrich R.J., 1997. Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. Podstawy zwalczania chwastów. Towarzystwo Chemii i Inżynierii Ekologicznej, Opole, 461 ss.
- Bauman-Kaszubska H., Sikorski M., 2008. Możliwości rolniczego i przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych na przykładzie wybranych obiektów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 526, 303–310.
- Borowiec S., 1984. Zróżnicowanie przestrzenne ekologicznie ważnych właściwości gleb uprawnych Pomorza Zachodniego a występowanie zbiorowisk chwastów segetalnych. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie 107, 21–35.
- Borowiec S., 2003. Roślinność segetalna jako bioindykatory. W: Polak-Grydziusko G. (red.), Rośliny segetalne – bioindykacja, chorologia, zmienność. Wyd. PAP, Słupsk, 7–11.
- Faliński J.B., 2001. Przewodnik do długoterminowych badań ekologicznych. Wyd. PWN, Warszawa, 672 ss.
- Gondek K., Filipek-Mazur B., 2006. Ocena efektywności nawożenia osadami ściekowymi na podstawie plonowania roślin i wykorzystania składników pokarmowych. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus 5(1), 39–50.
- Hołdyński Cz., Korona A., Jastrzębski W., Korona E., 2000. Zachwaszczenie pól w różnych systemach uprawy. Pam. Puł. 122, 149–159.
- Jędruszczak M., Antoszek R., 2004. Sposoby uprawy roli a bioróżnorodność zbiorowisk chwastów w monokulturze pszenicy ozimej. Acta Sci. Pol., Agricultura 3(2), 47–59.
- Kołodziej B., Wiśniewski J., Bielińska E., 2010. Wpływ stosowania osadu ściekowego w uprawie topinamburu na cele energetyczne. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 556, 407–413.

- Kondracki J., 2012. Geografia regionalna Polski. Wyd. PWN, Warszawa, 444 ss.
- Kornaś J., 1981. Oddziaływanie człowieka na florę: mechanizmy i konsekwencje. *Wiad. Bot.* 25(3), 165–182.
- Markow M., 1978. Agrofitecologia – nauka o zbiorowiskach roślinnych pól uprawnych. PWRiL, Warszawa, 267 ss.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science. Kraków, 442 ss.
- Mowszowicz J., 1986. Krajowe chwasty polne i ogrodowe. PWRiL, Warszawa, 672 ss.
- Pawłowski B., 1977. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. W: W Szafer., K. Zarzycki (red.), Szata roślinna Polski, t. 1. Wyd. PWN, Warszawa, 237–269.
- Ratyńska H., 2003. Zanim zginą maki i kąkole..... Wyd. KP, Świebodzin, 55 ss.
- Richling A., Solon J., 2002. Ekologia krajobrazu. Wyd. PWN, Warszawa, 319 ss.
- Siuta J., 2003. Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. *Inż. Ekol.* 9, 7–42.
- Skrzyczyńska J., 2003. Gatunki wilgociolubne w zbiorowiskach zbóż Wysoczyzny Siedleckiej. W: Polak-Grydziusko G. (red.), Rośliny segetalne – bioindykacja, chorologia, zmienność. Wyd. PAP, Słupsk, 464, 91–101.
- Solon J., 2005. Struktura roślinności jako indikator stanu i funkcjonowania krajobrazu. W: A. Richling, J. Lechnio (red.), Z problematyki funkcjonowania krajobrazów nizinnych, Wyd. WGiSR, Warszawa, 207–238.
- Sowiński J., 2006. Zmiany stopnia zachwaszczenia kukurydzy w zależności od sposobu pielęgnacji. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Roś.* 46(2), 142–144.
- Stupnicka-Rodzinkiewicz E., Stępnik K., Lepiarczyk A., 2004. Wpływ zmianowania, sposobu uprawy roli i herbicydów na bioróżnorodność zbiorowisk chwastów. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 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 Agrophysica* 1(4), 69–76.
- Szulc P., Menzel L., Dubas A., 2005. Wpływ uproszczeń w uprawie roli na stan zachwaszczenia kukurydzy uprawianej w monokulturze. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Roś.* 45(2), 1137–1140.
- Szwedziak K., 2006. Charakterystyka osadów ściekowych i rolnicze wykorzystanie. *Inż. Rol.* 4, 297–302.
- Szwejkowska A. Szwejkowski J. (red.), 2003. Słownik botaniczny. PW „Wiedza Powszechna”, Warszawa, 1136 ss.
- Trąba Cz., 2003. Fitoindykacyjna ocena uwilgotnienia i warunków termicznych gleb kompleksów pszennych i żytnich Kotliny Sandomierskiej. W: G. Polak-Grydziusko (red.), Rośliny segetalne – bioindykacja, chorologia, zmienność. Wyd. PAP, Słupsk, 464, 125–132.
- Trąba Cz., 2011. Fitoindykacyjna charakterystyka niżowych kompleksów glebowo-rolniczych województwa podkarpackiego. *Fragm. Agron.* 28(1), 87–95.
- Woźnica Z., 2008. Herbologia. Podstawy biologii, ekologii i zwalczania chwastów. PWRiL, Poznań, 430 ss.
- Zalecenia nawozowe. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów, 1990. Wyd. IUNG Puławy, P(44), 1–26.
- Zarzycki J., Kopeć M., Bedla D., 2011. Ocena zróżnicowania siedlisk użytków zielonych Pasma Radziejowej (Beskid Sądecki) metodą fitoindykacyjną. *Fragm. Agron.* 28(1), 115–123.

Summary. In the experiment that was carried out on the production fields owned by the company Leasaffre Poland headquartered in Wolczyn (51°4'N, 17°57'E), the influence of food industrial sewage irrigation (after yeast production) on the occurrence and weed floristic composition in reed canary grass, spring wheat, winter wheat and maize field was investigated. Regardless of the field crop and the irrigation rate of sludge applied, the main type of weeds found on these plantations were hygrophilous species, i.e. *Phragmites australis*, *Equisetum arvense*, hygro and nitrophilous species i.e. *Polygonum hydropiper*, *Symphytum officinale*, *Echinochloa crus-galli*, *Poa trivialis*, *Apera spica-venti*, *Matricaria maritima ssp. indora* and nitrophilous species, i.e. *Galium aparine*, *Solanum nigrum*, *Urtica dioica* and *Galinsoga parviflora*. On the other hand, on the plantations where sewage irrigation was not applied, more often species from dry habitats or periodically-dry habitats appeared, i.e. *Setaria viridis*, *Conyza canadensis*, *Bromus hordeaceus* or *Plantago lanceolata*. Moreover, another group of species was distinguished, i.e. *Elymus repens*, *Capsella bursa-pastoris*, *Fallopia convolvulus*, *Geranium pusillum*, *Polygonum aviculare* and *Cirsium arvense*, which may be called neutral because these plants were found on both irrigated and not-irrigated fields.

Key words: sewages, irrigation, crops, segetal flora