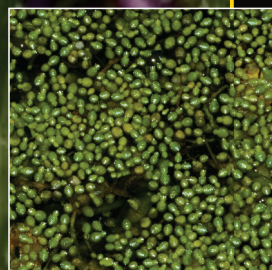


BIOLOGICZNE, EKOLOGICZNE I ŚRODOWISKOWE UWARUNKOWANIA PRODUKCJI ROLNICZEJ

Monografia pod redakcją
Romana Rolbieckiego
i **Tadeusza Barczaka**



Wydawnictwa Uczelniane
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy

BIOLOGICZNE, EKOLOGICZNE I ŚRODOWISKOWE UWARUNKOWANIA PRODUKCJI ROLNICZEJ

Monografia pod redakcją
Romana Rolbieckiego
i Tadeusza Barczaka



Wydawnictwa Uczelniane
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy

OPINIODAWCY

dr hab. Adam Czarnecki, prof. UMK
dr hab. Beata Rutkowska, prof. SGGW
dr hab. Wiesław Szulc, prof. SGGW

REDAKTOR DZIAŁOWY

dr hab. inż. Jerzy Nowachowicz, prof. nadzw. UTP
prof. dr hab. inż. Małgorzata Zalewska

Opracowanie redakcyjne i techniczne

mgr Michał Górecki, mgr Aleksandra Górską
mgr inż. Daniel Morzyński

Projekt okładki

mgr inż. Daniel Morzyński

Zdjęcie na okładce

dr inż. Ewa Krasicka-Korczyńska

© Copyright

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Bydgoszcz 2012

ISBN 978-83-61314-31-8

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Redaktor Naczelny

prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 52 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl <http://www.wu.utp.edu.pl>

Wyd. I. Nakład 100 egz. Ark. aut. 9,8. Ark. druk. 8,8. Zamówienie nr 29/2012
Zakład Małej Poligrafii UTP Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20

SPIS TREŚCI

Bożena Barczak, Krystian Nowak

ZAWARTOŚĆ I PROPORCJE JONOWE MAKROSKŁADNIKÓW W BIOMASIE PSZENŻYTA OZIMEGO UPRAWIANEGO W WARUNKACH INTENSYWNEGO NAWOŻENIA OBORNIKIEM	5
--	----------

Janina Bennewicz, Małgorzata Błażejewicz-Zawadzińska, Monika Lik,
Tadeusz Barczak, Emilia Królczak

MSZYCE WYSTĘPUJĄCE NA ROŚLINACH DZIKO ROSNĄCYCH NA TERENIE NADGOPLAŃSKIEGO PARKU TYSIĄCLECIA	15
---	-----------

Grzegorz Bukowski, Bogusław Chachaj, Radomir Graczyk, Grzegorz Gackowski

WPLYW ZABIEGÓW OCHRONY CZYNNEJ NA ROZTOCZE (ACARI) REZERWATU SKARPY ŚLESIŃSKIE	27
---	-----------

Romuald Dembek, Janusz Nowak, Małgorzata Zimmer-Grajewska

UWARUNKOWANIA PRODUKCJI PASZ NA ŁAKACH UŻYTKOWANYCH WEDŁUG ZASAD PROGRAMU ROLNOŚRODOWISKOWEGO P01B	39
---	-----------

Beata Durau

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD BIOTECHNOLOGICZNYCH W WARZYWNICTWIE	53
---	-----------

Lech Gałęzewski, Iwona Jaskulska, Mariusz Piekarczyk, Piotr Wasilewski

ODDZIAŁYWANIA WZAJEMNE ROŚLIN W AGROCENOZACH	75
---	-----------

Szymon Kluczek

ODDZIAŁYWANIE GRZYBÓW MIKROSKOPOWYCH POCHODZĄCYCH ZE ŚRODOWISKA HODOWLANEGO I BUDYNKÓW MIESZKALNYCH NA STAN ZDROWIA LUDZI I ZWIERZĄT	87
---	-----------

Ewa Krasicka-Korczyńska, Tomasz Stosik, Maciej Korczyński

WPLYW UŻYTKOWANIA ROLNICZEGO NA ZRÓŻNICOWANIE ROŚLINNOŚCI ŁAKOWEJ W DOLINIE ŚRODKOWEJ NOTECI, NA PRZYKŁADZIE ŁĄK W SAMOSTRZELU I BNINIE	97
--	-----------

Barbara Murawska, Ewa Spychaj-Fabisiak, Maria Ralcewicz,
Tomasz Knapowski, Aleksandra Piekut

SPOSÓB UŻYTKOWANIA PRZYLEGŁYCH GRUNTÓW NABRZEŻNYCH A STĘŻENIE JONÓW BIOGENNYCH W WODZIE JEZIORA WIERZCHUCIŃSKIEGO DUŻEGO	107
---	------------

Bogna Paczuska, Ewa Krasicka-Korczyńska

ROŚLINNOŚĆ STARORZECZY I NATURALNYCH EUTROFICZNYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH ZE ZBIOROWISKAMI <i>NYMPHENION</i>, <i>POTAMION</i> W OBSZARZE NATURA 2000 RÓWNINY SZUBIŃSKO- ŁABISZYŃSKIEJ PLH040029	115
--	------------

Mariusz Piekarczyk, Karol Kotwica, Dariusz Jaskulski, Lech Gałęzewski

MOŻLIWOŚĆ ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA POPIOŁU ZE SŁOMY PSZENICY OZIMEJ W NAWOŻENIU JĘCZMIENIA JAREGO	129
--	------------

ZAWARTOŚĆ I PROPORCJE JONOWE MAKROSKŁADNIKÓW W BIOMASIE PSZENŻYTA OZIMEGO UPRAWIANEGO W WARUNKACH INTENSYWNEGO NAWOŻENIA OBORNIKIEM

Bożena Barczak, Krystian Nowak

Katedra Chemii Rolnej
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Nawożenie naturalne, obok mineralnego, pełni istotną rolę w kształtowaniu jakości i wielkości plonu roślin uprawnych. Spośród nawozów naturalnych wyróżnia się obornik, uważany za wszechstronny, uniwersalny nawóz, charakteryzujący się bogatym składem mineralnym, jak również dużym udziałem substancji organicznych, korzystnie wpływających na rozwój flory bakteryjnej, a w konsekwencji – na jakość próchnicy [Sypniewska 2009]. W wyniku wieloletniego stosowania obornika można uzyskać podwyższenie zasobności gleby w makro- i mikrośkładniki [Kalembasa i in. 2005]. Obornik zaleca się stosować pod rośliny o długim okresie wegetacji. W praktyce coraz częściej stosuje się obornik nie tylko pod ziemniaki, buraki cukrowe czy kukurydzę, ale również wykorzystuje się go w agrotechnice zbóż ozimych [Wyszyński i in. 2004].

Zbożem, którego w ostatnich latach uprawia się coraz więcej, jest pszenżyto ozime. W skali globalnej największy udział tego gatunku w strukturze zasiewów odnotowuje się w Europie, a wśród krajów tego kontynentu – w Polsce, a w dalszej kolejności: we Francji, w Niemczech, Czechach, na Węgrzech i w Szwecji [Jasińska i Kotecki 2003]. Obecnie w Polsce w Krajowym Rejestrze Odmian znajduje się 31 odmian pszenżyta ozimego i 10 – jarego. Uprawa tego zboża ma największe znaczenie na Kujawach oraz w Wielkopolsce ze względu na intensywną hodowlę drobiu i trzody chlewnej w tych regionach Polski [Kalbarczyk i Kalbarczyk 2003]. O wykorzystaniu ziarna pszenżyta w żywieniu zwierząt decyduje wysoka zawartość składników pokarmowych, bardzo dobra strawność oraz korzystny skład aminokwasowy białka. Skład mineralny ziarna pszenżyta uzależniony jest od wielu czynników, m.in. od odmiany, warunków klimatycznych w okresie wegetacji, zasobności gleby w składniki pokarmowe, a także od poziomu agrotechniki, ze szczególnym uwzględnieniem nawożenia [Brzozowska 2006].

Podjęto badania, których celem było określenie zawartości i proporcji jonowych makroskładników w biomasie pszenżyta ozimego, uprawianego w warunkach intensywnego nawożenia obornikiem na tle zróżnicowanego nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie polowe będące podstawą badań przeprowadzono na polach fermy drobiowej usytuowanej w Cielu na terenie gminy Białe Błota, w powiecie bydgoskim (53°04' N, 17°55' E). Ferma jest położona przy obwodnicy Bydgoszczy S5, w obrębie pradoliny Noteci, niedaleko Kanału Noteckiego (odległość około 3 km) i Puszczy Bydgoskiej (odległość około 2 km). W bliskim sąsiedztwie usytuowane są intensywnie rozbudowujące się podmiejskie osiedla (Zielonka, Kruszyn, Murowaniec, Łochowo,

Drzewce). Ferma drobiowa w Cielu stanowi agroekosystem zlokalizowany w otulinie aglomeracji bydgoskiej, która poddawana jest coraz większej antropopresji.

Gleba pól zaopatrujących fermę w paszę, na której założono doświadczenie polowe, należy do kompleksu żyniego dobrego, V klasy bonitacyjnej, ma odczyn silnie kwaśny ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 4,25$), wytworzona jest z piasku gliniastego lekkiego. Zasobność w przyswajalne formy fosforu była bardzo wysoka ($102,8 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$), potasu – wysoka ($176,3 \text{ mg K} \cdot \text{kg}^{-1}$), magnezu – średnia ($28,9 \text{ mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Zawartość azotu ogółem wynosiła $0,56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a węgla organicznego – $3,79 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Pod użytkami ornymi na głębokości 1 m występowała woda gruntowa.

Badano pszenżyto ozime odmiany Pawo, która jest odmianą wczesną, o dużej tolerancji na zakwaszenie i bardzo wysokiej mrozoodporności.

W doświadczeniu trzyczynnikowym założonym w układzie losowanych podbloków split-blok obiekty I rzędu to terminy zastosowania obornika – rok (doświadczenie A) i dwa lata (doświadczenie B) przed założeniem doświadczenia (2009 i 2010). Obornik drobiowy zawierający około 1% azotu stosowano w każdym z lat jesienią pod orkę w dawkach około $15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Obiektami II rzędu były terminy stosowania azotu – w fazie strzelania w źdźbło ($30+0 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz na początku kłoszenia pszenżyta ($0+30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Azot zaaplikowano dogłębowo w formie saletry amonowej. Czynniki III rzędu to fazy wegetacji pszenżyta: krzewienie, strzelanie w źdźbło, kłoszenie. Doświadczenie polowe prowadzono w czterech replikacjach na poletkach o powierzchni 100 m^2 ($10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$). Niezbędne zabiegi agrotechniczne i chemiczna ochrona roślin zostały przeprowadzone zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej i aktualnymi zaleceniami dla pszenżyta ozimego z uwzględnieniem klimatyczno-glebowej charakterystyki rejonu badań. W celu oznaczeń zawartości składników mineralnych pobrano próby biomasy pszenżyta podczas wegetacji w następujących fazach: krzewienia (26-29 według skali Zadoksa), strzelania w źdźbło (33-39) i kłoszenia (50-54).

W próbach materiału roślinnego przeprowadzono oznaczenia zawartości:

- azotu ogólnego metodą Kjeldahla,
- fosforu metodą z molibdenianu amonu z wykorzystaniem kolorymetru DR 2000,
- potasu, wapnia i sodu metodą emisyjnej spektrofotometrii atomowej z wykorzystaniem fotometru płomieniowego Flapho 4,
- magnezu metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej.

Wyniki badań chemicznych poddano analizie wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych. Do oceny istotności różnic średnich obiektowych zastosowano test rozstępu Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Zawartość makroskładników w biomase pszenżyta ozimego

W doświadczeniu B, w którym obornik zastosowano na dwa lata przed uprawą pszenżyta ozimego, stwierdzono istotnie wyższą zawartość azotu w jego biomase niż w doświadczeniu A, w którym nawóz ten stosowano rok później (tab. 1). Różnica wynosiła średnio 8,6% i wynikała prawdopodobnie ze zróżnicowanego czasu mineralizacji obornika, w wyniku której zawarte w nim związki organiczne przy udziale mikroorganizmów, będących destruentami glebowymi – uległy przekształceniu w formy mineralne, przyswajalne dla roślin. Gorlach i Mazur [2001] potwierdzają, że dla przeciętnych warunków glebowo-klimatycznych w Polsce azot z obornika w pierwszym roku wykorzystywany jest przez rośliny uprawne w 20-40%, zaś w kolejnych latach – w 35-40%.

Wobec tego, że doświadczenie polowe realizowano na glebie lekkiej, należy sądzić, że proces rozkładu obornika zachodził intensywnie i w drugim roku po jego zastosowaniu, podaż składników pokarmowych uwolnionych w wyniku mineralizacji była duża.

W obydwu doświadczeniach (A i B) najwyższe średnie zawartości azotu uzyskano na obiektach, na których nawozy azotowe aplikowano w fazie kłoszenia pszenżyta ($0+30 \text{ kg N}\cdot\text{kg}^{-1}$). Dla tych obiektów zawartość azotu średnio wynosiła $16,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i była wyższa niż na obiekcie kontrolnym o 6,5%. Bez względu na termin stosowania obornika zawartość azotu w biomase pszenżyta dla kolejnych faz jego wzrostu, ulegała obniżaniu. Największą ilość azotu, podobnie jak w badaniach Domskiej i in. [2002] oraz Małeckiej i in. [2004], uzyskano w biomase pszenżyta ozimego w fazie krzewienia (średnio $20,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Według Szczepaniaka [2007] to stadium rozwoju jest etapem bardzo intensywnego pobierania składników pokarmowych, a tym samym i ich kumulacji. Najniższą zawartość azotu w biomase tego gatunku, niezależnie od terminu stosowania obornika, wynoszącą średnio $10,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, uzyskano w fazie kłoszenia. Prawdopodobnie tę tłumaczy się efektem rozcieńczenia, który wynika z większego przyrostu masy plonu rośliny w stosunku do kumulacji składników.

Tabela 1. Zawartość azotu w biomase pszenżyta ozimego [$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]

$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$	A				B				Średnia			
	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	19,7	15,0	10,0	14,9	19,8	17,8	10,1	15,9	19,7	16,3	10,0	15,4
30+0	18,9	15,9	9,2	14,7	22,9	16,1	11,2	16,7	20,9	16,0	10,2	15,7
0+30	18,8	18,3	10,8	16,1	23,1	16,7	10,8	16,9	21,0	17,5	10,8	16,4
Średnia	19,1	16,4	10,0	15,2	21,9	16,8	10,7	16,5	20,5	16,6	10,3	15,8

Terminy stosowania obornika:

A – na rok przed wysiewem pszenżyta ozimego (w 2010 r.)

B – na dwa lata przed wysiewem pszenżyta ozimego (w 2009 r.)

Fazy rozwoju pszenżyta ozimego: I - krzewienie, II - strzelanie w źdźbło, III - kłoszenie

Najmniejsza udowodniona różnica dla:

I czynnika (termin stosowania obornika) - 0,91

II czynnika (termin stosowania azotu) - 0,72

III czynnika (faza rozwoju pszenżyta ozimego) - 0,37

Współdziałanie: I-II - n.i.; I-III - 0,53; II-III - 0,65; I-II-III - 0,92

W doświadczeniu B, w którym obornik zastosowano w 2009 roku, zawartość potasu w biomase pszenżyta ozimego była na ogół istotnie wyższa niż w biomase pszenżyta z doświadczenia A, w którym obornik zastosowano rok później (tab. 2). Różnica pomiędzy wariantami wynosiła 10,5% i – można sądzić – wynikała z powodu dłuższego zachodzącego procesu mineralizacji obornika w doświadczeniu B. Obornik jest nawozem o długotrwałym działaniu, którego stosowanie zaleca się co 3-4 lata. Wyniki licznych badań wykazują, że potas z obornika w pierwszym roku wykorzystywany jest przez rośliny uprawne w 30%, natomiast na przestrzeni kolejnych lat – w 60-70% [Gorlach i Mazur 2001].

Tabela 2. Zawartość potasu w biomase pszenżyta ozimego [g·kg⁻¹]

kg N·ha ⁻¹	A				B				Średnia			
	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	14,6	13,7	20,2	16,1	23,1	12,5	17,8	17,8	18,8	13,1	19,0	17,0
30+0	16,4	15,0	18,8	16,7	25,3	14,1	16,6	18,6	20,8	14,5	17,7	17,7
0+30	15,0	15,0	17,2	15,7	22,4	12,9	16,4	17,2	18,7	13,9	16,8	16,5
Średnia	15,3	14,5	18,7	16,2	23,6	13,2	16,9	17,9	19,4	13,8	17,8	17,0

Najmniejsza udowodniona różnica dla:

I czynnika (termin stosowania obornika) - 0,49

II czynnika (termin stosowania azotu) - 0,51

III czynnika (faza rozwoju pszenżyta ozimego) - 0,70

Współdziałanie: I·II - 0,99; I·III - n.i.; II·III - 0,88; I·II·III - n.i.;

W porównaniu z obiektem nienawożonym zastosowanie dawki 30+0 kg N·kg⁻¹ powodowało podwyższenie o 4,1% w średniej zawartości potasu w biomase pszenżyta, natomiast dawka 0+30 kg N·kg⁻¹ skutkowała obniżeniem zawartości omawianego składnika o 2,9%. Konsekwencją wysokiej zawartości potasu na obiektach, na których azot zaaplikowany był w fazie strzelania w źdźbło (30+0 kg N·kg⁻¹) jest podniesienie odporności rośliny na wyleganie, niską temperaturę, choroby i działanie szkodników [Stanisławska-Głubiak i Korzeniowska 2010].

W doświadczeniu A istotnie najwyższe nagromadzenie potasu w biomase pszenżyta wykazano w stadium kłoszenia, natomiast w doświadczeniu B tą fazą było krzewienie. Zarówno w doświadczeniu A, jak i B istotnie najniższą zawartość składnika stwierdzono w stadium strzelania w źdźbło.

Średnia zawartość fosforu w biomase pszenżyta ozimego wynosiła 3,3 g·kg⁻¹ (tab. 3). W doświadczeniu B w wyniku trwającej dwa lata mineralizacji obornika uzyskano o 12,9% wyższą zawartość tego składnika niż w doświadczeniu A. Fosfor w oborniku występuje przede wszystkim w związkach organicznych, dlatego w pierwszym roku po jego zastosowaniu jest wykorzystywany przez rośliny uprawne w niewielkim stopniu (20–25%), zaś pełne wykorzystanie tego składnika w rotacji wynosi 65–70% [Gorlach i Mazur 2001].

Termin stosowania azotu nie wpływał istotnie na zawartość fosforu, natomiast bez względu na termin stosowania obornika dla kolejnych faz rozwoju pszenżyta ozimego wykazano coraz niższe nagromadzenie się tego pierwiastka w biomase. Najwyższą zawartość fosforu, wynoszącą średnio 5,0 g·kg⁻¹, uzyskano podobnie jak w badaniach Małeckiej i in. [2004], w biomase pszenżyta dla I fazy rozwoju zboża, czyli podczas krzewienia. Najniższą zawartość tego pierwiastka, wynoszącą średnio 1,7 g·kg⁻¹, stwierdzono w stadium kłoszenia roślin, co było wynikiem przemieszczania się w tym stadium wegetacji tego składnika do ziarniaków w celu wytworzenia w nich białka, cukrów, tłuszczów, skrobi, jak i witamin [Kopcewicz i Lewak 2005].

Tabela 3. Zawartość fosforu w biomase pszenżyta ozimego [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$]

$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$	A				B				Średnia			
	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	4,6	3,2	1,7	3,2	5,5	3,4	1,9	3,6	5,1	3,3	1,8	3,4
30+0	4,4	3,2	1,6	3,1	5,6	3,2	1,7	3,5	5,0	3,2	1,6	3,3
0+30	4,5	3,2	1,5	3,1	5,4	3,3	1,8	3,5	5,0	3,3	1,6	3,3
Średnia	4,5	3,2	1,6	3,1	5,5	3,3	1,8	3,5	5,0	3,3	1,7	3,3

Najmniejsza udowodniona różnica dla:

I czynnika (termin stosowania obornika) – 0,25

II czynnika (termin stosowania azotu) – n.i.

III czynnika (faza rozwoju pszenżyta ozimego) – 0,18

Współdziałanie: I·II – 0,25; I·III – n.i.; II·III – n.i.; I·II·III – n.i.

W doświadczeniu A stwierdzono istotnie niższą zawartość wapnia w biomase zboża niż w doświadczeniu B, różnica wynosiła średnio $0,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (33,3%) (tab. 4).

Tabela 4. Zawartość wapnia w biomase pszenżyta ozimego [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$]

$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$	A				B				Średnia			
	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	1,0	1,0	1,4	1,1	2,1	0,9	1,6	1,5	1,5	1,0	1,5	1,3
30+0	1,3	1,0	1,5	1,3	2,4	1,0	1,7	1,7	1,8	1,1	1,6	1,5
0+30	1,0	1,0	1,5	1,2	1,9	0,9	1,7	1,5	1,5	1,0	1,6	1,4
Średnia	1,1	1,0	1,5	1,2	2,1	0,9	1,7	1,6	1,6	1,0	1,6	1,4

Najmniejsza udowodniona różnica dla:

I czynnika (termin stosowania obornika) – 0,07

II czynnika (termin stosowania azotu) – n.i.

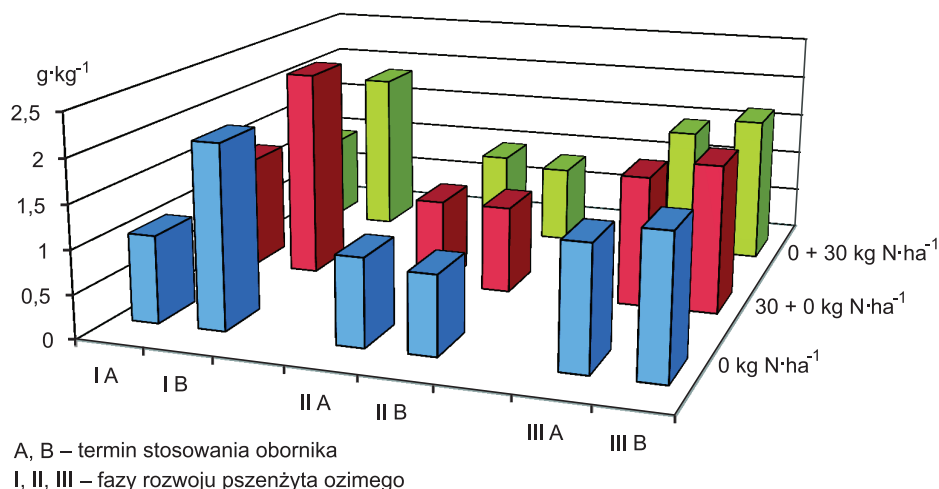
III czynnika (faza rozwoju pszenżyta ozimego) – 0,10

Współdziałanie: I·II – 0,14; I·III – n.i.; II·III – n.i.; I·II·III – n.i.

W dwóch fazach rozwoju pszenżyta, tj. podczas krzewienia oraz kłoszenia, uzyskano jednakową średnią zawartość wapnia, która wynosiła $1,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Najniższą zawartość omawianego składnika, zarówno w doświadczeniu A, jak i B, stwierdzono w biomase fazy strzelania w źdźbło.

Wystąpiło istotne współdziałanie czynników pierwszego i drugiego. Uzyskano potwierdzone statystycznie różnicowanie zawartości wapnia w biomase pszenżyta na poszczególnych etapach jego rozwoju w zależności od terminu stosowania obornika. W wariancie B najwyższą zawartość tego składnika uzyskano średnio dla fazy krzewienia, zaś w wariancie A – dla fazy kłoszenia.

Najwyższą zawartość wapnia, wynoszącą $2,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, stwierdzono w biomase pszenżyta dla fazy krzewienia po zastosowaniu obornika dwa lata przed jego uprawą i aplikacji 30+0 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 1).



Rys. 1. Zawartość wapnia w biomase pszenżyta ozimego w zależności od badanych czynników [g·kg⁻¹]

Średnia zawartość magnezu w biomase pszenżyta ozimego wynosiła 1,5 g·kg⁻¹ (tab. 5). W doświadczeniu B, w którym obornik stosowano dwa lata przed wysiewem zboża, uzyskano istotnie wyższą zawartość tego składnika w jego biomase (średnio – 1,6 g·kg⁻¹) niż doświadczeniu A, w którym obornik zastosowano rok wcześniej (1,4 g·kg⁻¹). Różnica stanowiła 14,3% i była spowodowana większą podażą tego składnika w glebie, w wyniku trwającej dłużej mineralizacji obornika.

Tabela 5. Zawartość magnezu w biomase pszenżyta ozimego [g·kg⁻¹]

kg N·ha ⁻¹	A				B				Średnia			
	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	1,6	1,3	1,0	1,3	1,7	1,6	1,4	1,6	1,7	1,4	1,2	1,4
30+0	1,7	1,5	1,0	1,4	1,8	1,6	1,6	1,7	1,7	1,5	1,3	1,5
0+30	1,6	1,5	1,0	1,4	1,7	1,6	1,5	1,6	1,7	1,6	1,2	1,5
Średnia	1,6	1,4	1,0	1,4	1,7	1,6	1,5	1,6	1,7	1,5	1,2	1,5

Najmniejsza udowodniona różnica dla:

I czynnika (termin stosowania obornika) – 0,03

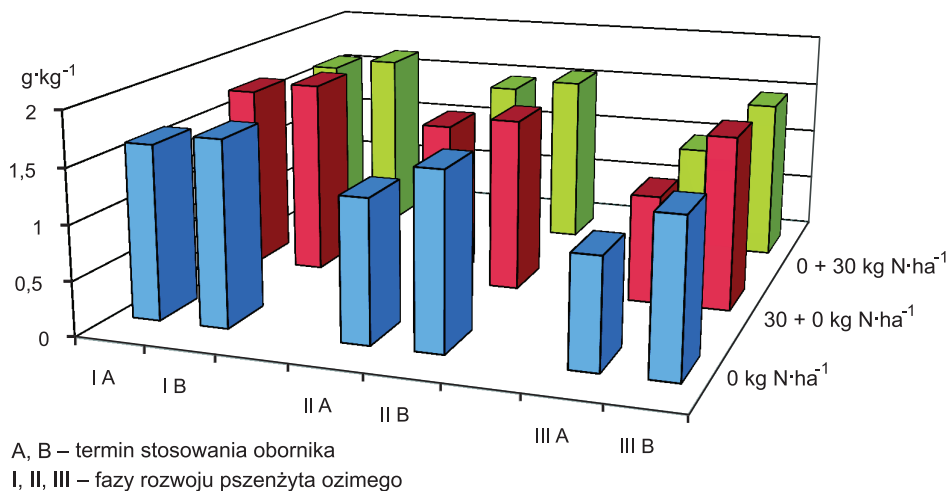
II czynnika (termin stosowania azotu) – n.i.

III czynnika (faza rozwoju pszenżyta ozimego) – 0,10

Współdziałanie: I·II – 0,09; I·III – n.i.; II·III – n.i.; I·II·III – n.i.

Niezależnie od terminu stosowania obornika oraz azotu najwyższą zawartość magnezu w biomase pszenżyta, wynoszącą średnio 1,7 g·kg⁻¹, uzyskano dla fazy krzewienia; najniższą (1,2 g·kg⁻¹) – stwierdzono w stadium kłoszenia.

W biomase pszenżyta dla kolejnych faz rozwoju wykazano obniżanie zawartości magnezu (rys. 2). Stwierdza się, że za taki kierunek zmian kumulacji tego składnika, podobnie jak w przypadku azotu i fosforu, odpowiedzialny był efekt rozcieńczenia.



Rys. 2. Zawartość magnezu w biomase pszenżyta ozimego w zależności od badanych czynników [g·kg⁻¹]

W doświadczeniu B uzyskano średnio o 12,5% wyższą zawartość sodu w biomase pszenżyta niż w doświadczeniu A (tab. 6), co należy tłumaczyć wpływem czasu mineralizacji obornika na kumulację tego składnika. Niezależnie od terminu zastosowania obornika oraz azotu najwyższą zawartość sodu, wynoszącą średnio 0,11 g·kg⁻¹, uzyskano dla fazy krzewienia, zaś najniższą – dla stadium strzelania w źdźbło.

Tabela 6. Zawartość sodu w biomase pszenżyta ozimego [g·kg⁻¹]

kg N·ha ⁻¹	A				B				Średnia			
	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	0,08	0,07	0,07	0,08	0,10	0,05	0,09	0,08	0,09	0,06	0,08	0,08
30+0	0,10	0,06	0,08	0,08	0,13	0,06	0,10	0,10	0,12	0,06	0,09	0,09
0+30	0,09	0,07	0,05	0,07	0,12	0,05	0,09	0,09	0,11	0,06	0,07	0,08
Średnia	0,09	0,07	0,07	0,08	0,12	0,05	0,09	0,09	0,11	0,06	0,08	0,08

Najmniejsza udowodniona różnica dla:

I czynnika (termin stosowania obornika) – 0,010

II czynnika (termin stosowania azotu) – 0,007

III czynnika (faza rozwoju pszenżyta ozimego) – n.i.

Współdziałanie: I·II – 0,013; I·III – n.i.; II·III – 0,012; I·II·III – n.i.

Gramorównoważnikowe stosunki jonowe w biomase pszenżyta ozimego

Fizjologiczna rola makroskładników w metabolizmie roślin zbożowych jest gruntownie przeanalizowana, natomiast znacznie mniej zbadano gramorównoważnikowe stosunki pomiędzy tymi pierwiastkami, a zwłaszcza wpływem terminu nawożenia obornikiem oraz azotem na ich wartość. Proporcje tych składników, decydujące o równowadze jonowej w biomase zbóż przeznaczanych na paszę dla zwierząt, mogą determinować ich wartość odżywczą. Zdaniem Filipka [1987] utrzymanie równowagi kationowo-anionowej jest jednym z podstawowych czynników, jakie decydują o prawidłowym przebiegu metabolizmu, w końcowym zaś efekcie – o wielkości i jakości plonu. Na podstawie przeprowadzonych oznaczeń obliczono dla wszystkich objętych badaniami obiektów wartości gramorównoważnikowych stosunków: $K^+:Mg^{+2}$ (tab. 7) i $(K^++Na^+):(Ca^{+2}+Mg^{+2})$ (tab. 8).

Tabela 7. Gramorównoważnikowe stosunki zawartości potasu do magnezu w biomase pszenżyta ozimego

kg N·ha ⁻¹	A				B				Średnia			
	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	2,84	3,18	6,50	4,17	4,21	2,46	3,83	3,50	3,43	2,83	4,90	3,72
30+0	3,00	2,92	6,00	3,97	4,33	2,78	3,31	3,47	3,79	2,85	4,09	3,58
0+30	2,92	2,92	5,50	3,78	4,07	2,54	3,23	3,28	3,43	2,77	4,30	3,50
Średnia	2,92	3,01	6,00	3,97	4,20	2,59	3,46	3,42	3,55	2,82	4,43	3,60

Tabela 8. Gramorównoważnikowe stosunki sum zawartości potasu i sodu do magnezu i wapnia w biomase pszenżyta ozimego

kg N·ha ⁻¹	A				B				Średnia			
	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia	Faza rozwoju			Średnia
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
0	2,05	2,19	3,47	2,57	2,46	1,88	2,30	2,21	2,28	2,00	2,88	2,39
30+0	2,10	2,11	3,20	2,47	2,44	2,00	2,05	2,16	2,30	2,05	2,37	2,24
0+30	2,11	2,11	2,93	2,38	2,48	1,94	2,00	2,14	2,28	2,00	2,39	2,23
Średnia	2,09	2,14	3,20	2,47	2,46	1,94	2,12	2,17	2,29	2,02	2,55	2,29

Stwierdzono, że w biomase pszenżyta ozimego pochodzącego z doświadczenia B, w którym obornik stosowano dwa lata przed wysiewem, ilościowa proporcja potasu do magnezu w fazach strzelania w źdźbło i kłoszenia była wyraźnie niższa niż dla odpowiednich obiektów z doświadczenia A, w którym nawóz naturalny zastosowano rok później (tab. 7). Zróżnicowanie terminu aplikacji azotu w niewielkim stopniu wpływało na ilościowy stosunek potasu do magnezu. Na podstawie wyników badań własnych, a także Filipka [1987], dotyczących wpływu nawożenia potasem i azotem na równowagę jonową roślin, można sądzić, że zastosowanie obornika w wyniku oddziaływania na stężenie jonów w roztworze glebowym oraz na stopień wysycenia nimi glebowego kompleksu sorpcyjnego zmieniało warunki odżywiania roślin i zróżnicowało kumulację poszczególnych jonów w biomase pszenżyta.

Wykazano, że także ilościowa proporcja kationów jedno- do dwuwartościowych w biomacie pszenżyta miała wyższą wartość dla obiektów doświadczenia A niż dla B, ale zależność ta uwidaczniała się dopiero w późniejszych fazach wegetacji – w stadium strzelania w źdźbło oraz kłoszenia (tab. 8). Nie stwierdzono wpływu zróżnicowanego terminu stosowania azotu na kształtowanie się omawianej proporcji, natomiast wykazano, że w fazie kłoszenia w każdym z doświadczeń (A i B) wartość stosunku dla obiektów nawożonych tym składnikiem jest wyraźnie niższa niż dla obiektu kontrolnego. Według Kopcewicz i Lewaka [2005] równowaga pomiędzy kationami jedno- i dwuwartościowymi ma duży wpływ na utrzymanie biokoloidów cytoplazmy w odpowiednim stopniu uwodnienia, a także przez udział w układach buforowych determinuje wartości pH komórki oraz jej potencjał osmotyczny, a w konsekwencji – wpływa na wielkość i jakość plonu roślin uprawnych.

WNIOSKI

1. Zróżnicowanie terminu stosowania obornika oraz azotu na ogół istotnie kształtowało zawartość i proporcje jonowe makroskładników w biomacie pszenżyta ozimego odmiany Pawo.
2. W doświadczeniu B, w którym obornik stosowano na dwa lata przed wysiewem pszenżyta ozimego, zawartość makroskładników w jego biomacie była wyraźnie wyższa niż na odpowiednich obiektach doświadczenia A, w którym obornik stosowano rok później.
3. W biomacie pszenżyta w fazie krzewienia stwierdzono na ogół istotnie wyższą zawartość azotu, fosforu oraz magnezu niż w biomacie kolejnych badanych faz jego rozwoju.
4. Zastosowanie nawożenia azotem powodowało na ogół podwyższenie w stosunku do obiektu kontrolnego zawartości azotu, potasu i sodu w biomacie pszenżyta.
5. Doglebowe zastosowanie azotu w fazie wczesnego kłoszenia ($0+30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) w porównaniu z jego aplikacją w fazie strzelania w źdźbło ($30+0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) bardziej sprzyjało nagromadzeniu tego składnika w biomacie pszenżyta, jednocześnie powodując obniżenie zawartości potasu i wapnia.
6. Termin stosowania obornika znacznie różnicował wartości gramorównoważnikowych proporcji kationów jedno- do dwuwartościowych [$(\text{K}^+:\text{Mg}^{+2})$ i $(\text{K}^+:\text{Na}^+):(\text{Ca}^{+2}:\text{Mg}^{+2})$] w biomacie pszenżyta, które w późniejszych fazach rozwojowych roślin (strzelanie w źdźbło i kłoszenie) dla obiektów z doświadczenia A były znacznie wyższe w porównaniu z odpowiednimi obiektami doświadczenia B.

LITERATURA

- Brzozowska I., 2006. Wpływ herbicydów i sposobu nawożenia azotem na zawartość makroelementów w ziarnie pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.* 142, 9-10.
- Domska D., Koc J., Wojtkowiak K., Warechowska M., 2002. Wpływ techniki nawożenia na plonowanie i jakość ziarna pszenżyta ozimego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 484, 139-144.
- Filipek T., 1987. Wysycenie kompleksu sorpcyjnego gleby kationami oraz równowaga jonowa w roślinach w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem i potasem. *Rozpr. Nauk.* 104, AR Lublin, 51-60.
- Gorlach E., Mazur T., 2001. *Chemia Roln.* Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Jasińska Z., Kotecki A., 2003. Szczegółowa uprawa roślin. T. I. AXA Wrocław.

- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R., 2003. Dostateczne uwilgotnienie gleby w regionie kujawsko-pomorskim a plonowanie pszenżyta ozimego. *Ann. UMCS E*(58), 127-129.
- Kalembasa D., Tkaczuk C., Felczyński K., 2005. Wpływ wieloletniego stosowania obornika i nawożenia mineralnego na zawartość wybranych makroelementów w glebie. *Fragm. Agron.* 22(1), 111-115.
- Kopcewicz J., Lewak S., 2005. *Fizjologia roślin*. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Małecka I., Blecharczyk A., Sawińska Z., 2004. Wpływ sposobów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego. *Ann. UMCS E*(59), 259-267.
- Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J., 2010. Nawożenie fosforowo-potasowe zbóż ozimych. *Nasza Rola* 30, 48-51.
- Sypniewska A., 2009. www.piagro.pl/artykuly-rolnicze/produkcja-roslinna/nawozy-i-srodki-ochrony-roslin/obornik-bezcenny-nawoz.html
- Szczepaniak W., 2007. Fazy rozwojowe zbóż. *Agrotechnika. Por. Roln.* 10, 14-16.
- Wyszyński Z., Michalska B., Piotrowska W., Kucharczyk D., 2004. Ocena poprawności technologii produkcji na plantacjach produkcyjnych zbóż ozimych w rejonie Polski Centralnej. *Ann. UMCS E* (59), 941-949.

MSZYCE WYSTĘPUJĄCE NA ROŚLINACH DZIKO ROSNĄCYCH NA TERENIE NADGOPLAŃSKIEGO PARKU TYSIĄCLECIA

**Janina Bennewicz, Małgorzata Błażejowicz-Zawadzińska,
Monika Lik, Tadeusz Barczak, Emilia Królczak**

Katedra Zoologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Jedną z bardziej powszechnych form ochrony przyrody w Polsce są parki krajobrazowe. Park krajobrazowy tworzy się na rozległych powierzchniach terenów naturalnych i kulturowych, które wyróżniają się wyjątkowymi, nieprzeciętnymi walorami naturalnymi, turystycznymi, estetycznymi i historycznymi. Należy zaznaczyć, że taki teren musi charakteryzować się dużym udziałem ekosystemów naturalnych lub w niewielkim stopniu zmienionych przez działalność człowieka [Stępczak 1998]. Park krajobrazowy reprezentuje niezwykle walory przyrodnicze. Bardzo dobrym przykładem jest historia Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia, który powstał w 1967 roku jako rezerwat przyrody z rozległą strefą ochronną, w regionie o długich tradycjach rolniczych. Początkowo był on filią Tucholskiego Parku Krajobrazowego, po czym dzięki decyzji wojewody bydgoskiego w 1992 roku stał się samodzielnym parkiem krajobrazowym [Bednorz 1997].

Na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT) prowadzono badania faunistyczne, które obejmowały głównie awifaunę jeziora Gopło. Inne grupy zwierząt znacznie rzadziej poddawano obserwacjom. Zwłaszcza entomofauna tego terenu nie doczekała się naukowych opracowań. Dlatego warto było zainicjować badania umożliwiające poznanie owadów zasiedlających przyrodniczo cenne tereny Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT). Dotychczas nie badano między innymi afidofauny, choć w innych rejonach kraju jest ona stosunkowo dobrze poznana, np. na terenach Pojezierza Mazurskiego, Niziny Wielkopolskiej i Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej [Szelegiewicz 1968, Osiadacz 2007]. Badanie występowania mszyc w różnych środowiskach wydaje się uzasadnione biorąc pod uwagę fakt, że w Polsce stwierdzono ich około 800 gatunków i nie uważa się ich tylko jako szkodniki roślin, ale są one również istotnym elementem bioróżnorodności w środowisku naturalnym. Mszyce stanowią bowiem pokarm wielu gatunków owadów i ptaków, produkują spadź, a niektóre z nich mogą również stymulować procesy fotosyntezy [Cichocka 2001, Osiadacz 2007].

Celem pracy było jakościowo-ilościowe porównanie zgrupowań mszyc występujących na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia – w części rezerwatowej i poza nią.

TEREN BADAŃ

Do badań wybrano cztery stanowiska leżące we wschodniej części Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia – dwa z nich Połajewo (52°48' N; 16°44'E) i Połajewek (52°32' N; 18°23'E) zlokalizowane były w obrębie Rezerwatu NPT, pozostałe – Popowo (52°46' N; 19°7'E) i Ostrówek (52°32' N; 17°59'E) usytuowane były poza rezerwa-

tem. Położenie obszaru Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia według regionalizacji geobotanicznej należy do Działu Brandenbursko-Wielkopolskiego, Krainy Środkowopolskiej, Okręgu Pojezierza Gnieźnieńskiego Podokręgu Strzelnowskiego [Matuszkiewicz 2008]. Większość Okręgu Pojezierza Gnieźnieńskiego zajmują pola uprawne, co powoduje, że jest on ternem rolniczym.

Nadgoplański Park Tysiąclecia obejmuje Obszar Specjalnej Ochrony Ptaków (OSO), tzw. Ostoję Nadgoplańską (PLB040004) oraz Specjalny Obszar Ochrony Siedlisk (SOO), tj. Jezioro Gopło (PLH040007), dlatego też powyższe stanowiska znajdowały się na terenie wpisanym do sieci Natura 2000.

Roślinność wybranych do badań stanowisk była podobna, charakterystyczna dla siedlisk łąkowych, miejscami podmokłych, szczególnie, że wszystkie powierzchnie graniczyły z linią brzegową jeziora Gopło. Na uwagę zasługuje szeroki pas trzciny pospolitej (*Phragmites communis*) z oczeretem jeziornym (*Schoenoplectus lacustris*) i pałąką wąskolistną (*Typha angustifolia*), występujący na każdej powierzchni badawczej. Do gatunków roślin dominujących na stanowiskach należały także: pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), turzycy (*Carex* spp.), bylica pospolita (*Artemisia vulgaris*), żóltlica drobnolistna (*Galinsoga parviflora*), starzec bagienny (*Caricetum elatae*) i bodziszek drobny (*Geranium pusillum*). Na miejscach mniej podmokłych występowały rośliny charakterystyczne dla miedz polnych oraz przychaci, np. mak polny (*Papaver rhoeas*), chaber łąkowy (*Centaurea jacea*), komosa biała (*Chenopodium album*), szczawie (*Rumex* spp.), łopiany (*Arctium* spp.), ostrożeń (*Cirsium* spp.) oraz liczne motylkowe i baldaszkowe.

Nad brzegami jeziora znajdują się także powierzchnie zalesione, reprezentowane przez olsy, grądy, łęgi oraz bory mieszane, z których część rosnąca na żyznych glebach torfiastych została wycięta pod uprawy rolnicze i zachowała się tylko w niewielkich fragmentach. W zależności od typu zbiorowiska leśnego najliczniej występowały na omawianym terenie następujące gatunki drzew i krzewów: olsza czarna (*Alnus glutinosa*), wierzby (*Salix* spp.) w przypadku olsów; w łęgach w podszycie – jesion wyniosły (*Fraxinus exelsior*), topole biała i czarna (*Populus alba*, *P. nigra*) z czeremchą (*Padus avium*), dzikim bzem czarnym (*Sambucus nigra*) i dereniem czarnym (*Cornus sanguinea*), w borach mieszanych w warstwie krzewów – dęby (*Quercus* spp.), sosna zwyczajna (*Pinus silvestris*) z trzmieliną pospolitą (*Euonymus europaea*) oraz gatunki grądowe, takie jak grab pospolity (*Carpinus betulus*) [Chmiel 1997]. Wyżej wymienione powierzchnie leśne sąsiadowały z miejscem poboru prób.

METODYKA

W 2009 roku przeprowadzono obserwacje nad mszycami na wybranych czterech stanowiskach na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia.

Obserwacje prowadzono co dziesięć dni od 20.05.2009 do 08.07.2009. Na lustrowanych roślinach liczono kolonie mszyc. Badania prowadzono w trzech powtórzeniach (próbach), za powtórzenie przyjęto odcinek 25 cm badanej rośliny. Zebrany materiał oznaczono do gatunków, posługując się kluczami do oznaczania mszyc [Szelegiewicz 1968, Müller 1976, Blackman i Eastop 1994, Taylor 1980].

Występowanie mszyc w różnych rodzajach zarośli udokumentowano opierając się na następujących parametrach: składzie gatunkowym, liczebności, dominacji i różnorodności gatunkowej.

Do oznaczenia dominacji indywidualnej dla mszyc, za Klimaszewskim i in. [1980] przyjęto następujące klasy dominacji: D4 gatunek bardzo liczny – dominant, stanowiący ponad 20% zebranego materiału w danym siedlisku, D3 gatunek liczny – subdominant, reprezentowany przez 10,1-20% ogólnej liczby okazów, D2 gatunek dość liczny – recedent, obejmujący od 3-10% zebranego materiału, D1 gatunek nieliczny, subrecedent – reprezentowany przez mniej niż 3% ogólnej liczby okazów.

Porównanie ilościowe zgrupowań owadów (podobieństwo struktury dominacji) – przeprowadzono za pomocą wskaźnika Renkonena – $Re\%$ (przyjmuje się, że zgrupowanie jest podobne dla Re od około 50%) [za Pawlikowskim 1985].

Do porównania jakościowo-ilościowego zgrupowań mszyc wykorzystano natomiast test Hutcheisona [1970], w którym do oceny istotności różnic między porównywanymi zgrupowaniami tych owadów zastosowano wskaźnik ogólnej różnorodności gatunkowej (H') [Shannon i Weaver 1963].

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT) w badanych siedliskach stwierdzono 12 gatunków mszyc na 13 gatunkach roślin żywicielskich. Mszyce *Aphis sambuci*, *Hyalopterus pruni* i *Aphis fabae* wystąpiły na roślinach, na wszystkich stanowiskach (Połajewo, Połajewek, Ostrówek i Popowo). Mszycę burakową (*A. fabae*) zaobserwowano na trzech gatunkach roślin: maku polnym (*Papaver rhoeas*), szczawiu kędzierzawym (*Rumex crispus*) oraz trzmielinie pospolitej (*Euonymus europaea*). Ponadto, mszyca *Aphis urticata* wystąpiła na trzech stanowiskach: Połajewek, Ostrówek i Popowo. Mszyce *Chaitophorus populeti* i *Macrosiphoniella artemisiae* utworzyły kolonie na roślinach w dwóch badanych miejscowościach (Połajewek i Popowo). Pozostałe gatunki mszyc zanotowano na jednym gatunku żywicielskim, w jednym z badanych siedlisk (tab. 1). Na terenie Rezerwatu Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia stwierdzono 10 gatunków mszyc żerujących na 11 gatunkach roślin żywicielskich, na stanowiskach poza Rezerwatem NPT było 7 gatunków mszyc na 8 gatunkach roślin (tab. 1).

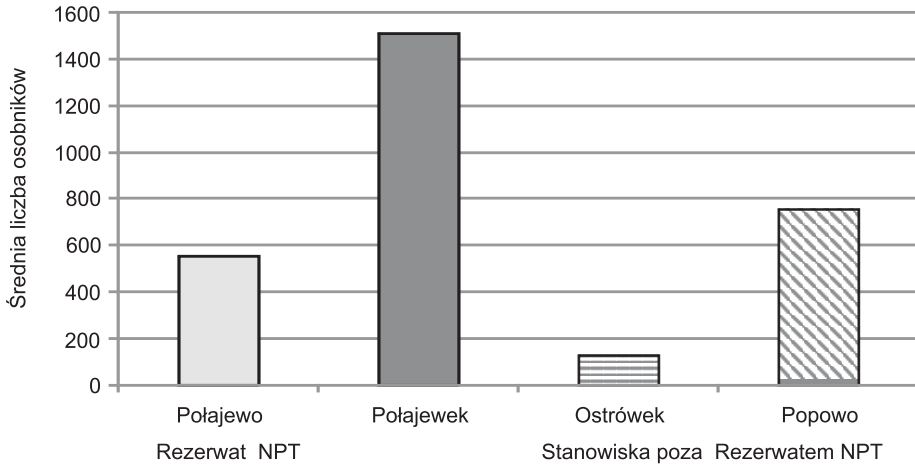
Z obserwacji liczebności mszyc występujących w Rezerwacie NPT i poza nim wynika, że teren ten był stanowiskiem, na którym mszyce żerowały liczniej (rys. 1). Przy czym rośliny w Połajewku były opanowane najliczniej (około 1600 osobników) spośród badanych stanowisk (około 600 osobników w Połajewie oraz w Popowie – około 800 i Ostrówku – około 130) (rys. 1).

Spośród obserwowanych gatunków mszyc najliczniej występował *Aphis sambuci*, żerujący na *Sanbucus nigra* (ponad 700 osobników) na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (rys. 2). Do licznie występujących gatunków można było również zaliczyć *Myzus cerasi* (około 500 osobników), *Macrosiphoniella artemisiae* (około 400 osobników) oraz *A. fabae* i *Aphis urticata* (ponad 300 osobników). Pozostałe obserwowane gatunki nie przekroczyły 200 osobników w badanych stanowiskach NPT (rys. 2).

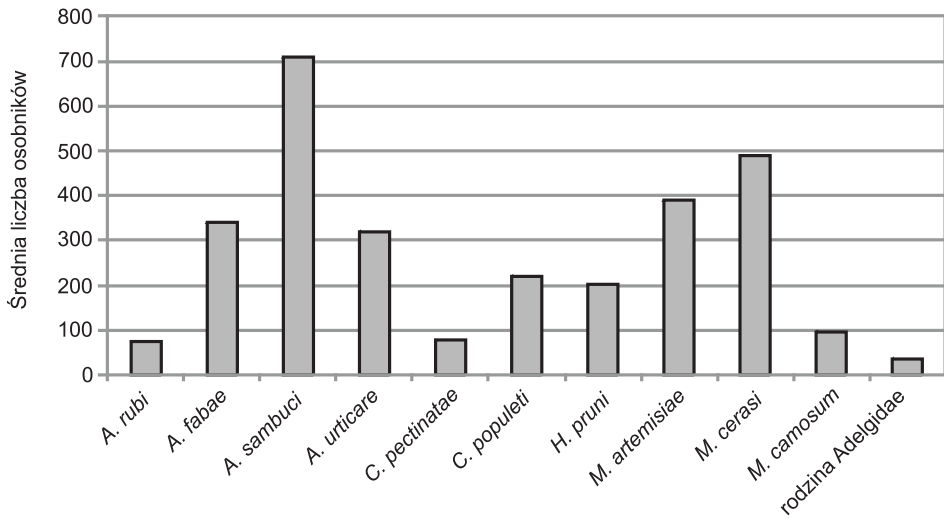
Wśród gatunków mszyc na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia na stanowiskach w rezerwacie liczniej notowano gatunki: *A. fabae*, *A. sambuci*, *M. artemisiae*, *H. pruni* i *Ch. populeti* niż poza nim (rys. 3). Gatunek *A. sambuci*, *Ch. populeti* i *M. artemisiae* na stanowisku Połajewek (Rezerwat NPT) były ponadto liczniejsze niż na pozostałych stanowiskach (rys. 4).

Tabela 1. Lista gatunków mszyc (Hemiptera: Aphididae) zasiedlających rośliny w wybranych stanowiskach na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT)

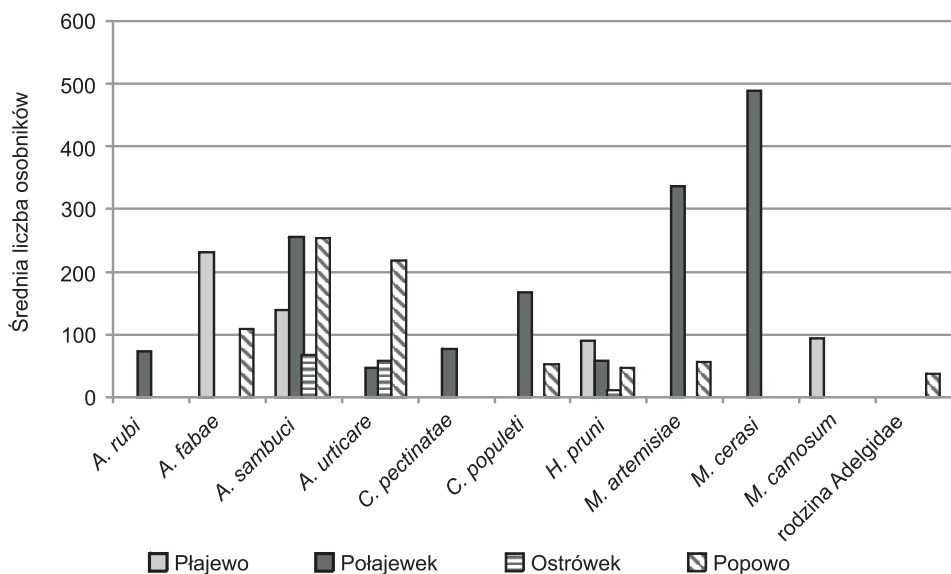
Nadgoplański Park Tysiąclecia (NPT)		Rezerwat Przyrody NPT		Park Krajobrazowy NPT	
gatunek mszycy	gatunek rośliny	Połajewo	Połajewek	Ostrówek	Popowo
<i>Amphorophora rubi</i> (Kalt.)	jeżyna popielica <i>Rubus cassius</i> L.	-	+	-	-
<i>Aphis fabae</i> Scop.	mak polny <i>Papaver rhoeas</i> L.	+	-	-	-
	szczaw kędzierzawy <i>Rumex crispus</i> L.	+	-	-	+
	trzmielina pospolita <i>Euonymus europaea</i> L.	-	-	-	+
<i>Aphis sambuci</i> L.	bez czarny <i>Sambucus nigra</i> L.	+	+	+	+
<i>Aphis urticata</i> J. F. Gmel.	pokrzywa zwyczajna <i>Urtica dioica</i> L.	-	+	+	+
<i>Cinara pectinatae</i> (Nördl.)	jodła pospolita <i>Abies alba</i> Mill.	-	+	-	-
<i>Chaitophorus populeti</i> (Panz.)	topola biała <i>Populus alba</i> L.	-	+	-	+
<i>Hyalopterus pruni</i> (Geoff.)	trzcina pospolita <i>Phragmites australis</i> (Cav.)	+	+	+	+
<i>Macrosiphoniella artemisiae</i> Fosc.	bylica pospolita <i>Artemisia vulgaris</i> L.	-	+	-	+
<i>Myzus cerasi</i> (F.)	wiśnia pospolita <i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	-	+	-	-
<i>Microlophium carnosum</i> (Buck.)	pokrzywa zwyczajna <i>Urtica dioica</i> L.	+	-	-	-
gatunek z rodziny Adelgidae	świerk pospolity <i>Picea abies</i> (L.)	-	-	-	+



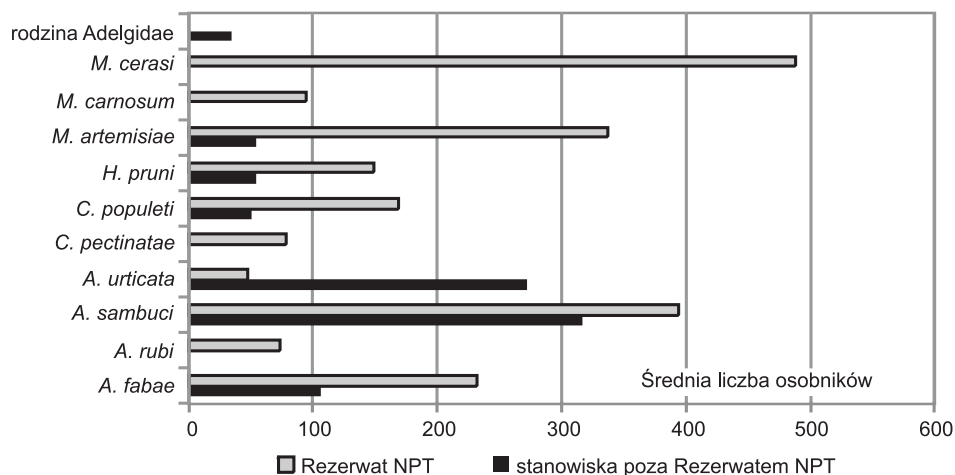
Rys. 1. Liczebność mszyce na badanych roślinach (sumarycznie) na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT)



Rys. 2. Liczebność gatunków mszyce na roślinach żywicielskich (sumarycznie) w badanych stanowiskach na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT)



Rys. 3. Liczebność gatunków mszyc w badanych stanowiskach na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT)



Rys. 4. Liczebność mszyc w rezerwacie i poza nim na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT)

Na terenie NPT we wszystkich badanych stanowiskach dominującym gatunkiem mszyc był *A. sambuci* (tab. 2). Ponadto, w rezerwacie na stanowisku w Połajewie dominowały i subdominowały *A. fabae*, *H. pruni* i *M. carnosum*, a w Połajewku *M. artemisiae*, *Myzus cerasi*, *A. sambuci* i *Ch. populeti*. W Ostrówku i Popowie poza Rezerwat NPT dominowała natomiast mszyca z gatunku *A. urticata* oraz *A. fabae*, będąca subdominantem w Popowie (tab. 2).

Tabela 2. Dominujące gatunki mszyc w siedliskach w Nadgoplańskim Parku Tysiąclecia (NPT)

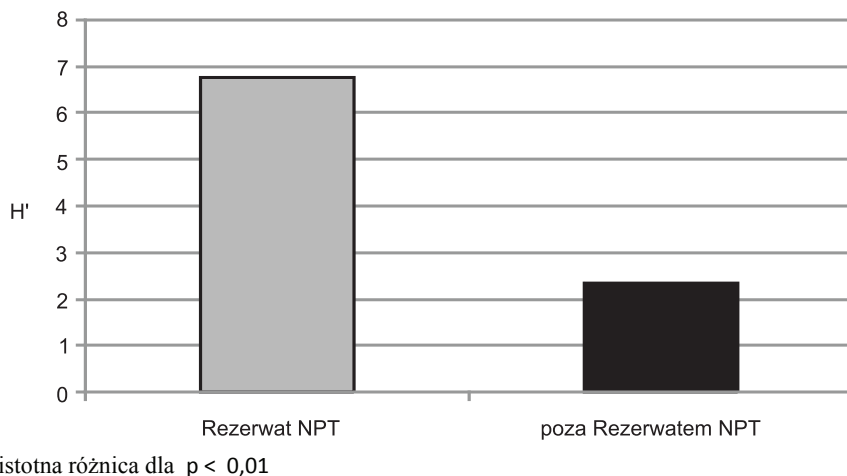
Gatunki	Rezerwat NPT		Stanowiska poza rezerwatem NPT	
	Połajewo	Połajewek	Ostrówek	Popowo
<i>A. rubi</i>		D2		
<i>A. fabae</i>	D4			D3
<i>A. sambuci</i>	D4	D3	D4	D4
<i>A. urtikare</i>		D2	D4	D4
<i>C. pectinatae</i>		D2		
<i>C. populeti</i>		D3		D2
<i>H. pruni</i>	D3	D2	D2	D2
<i>M. artemisiae</i>		D4		D2
<i>M. cerasi</i>		D4		
<i>M. carnosum</i>	D3			
rodzina Adelgidae				D2

Oznaczenia: D1 – subrecedent, D2 – recedent, D3 – subdominant, D4 – dominant

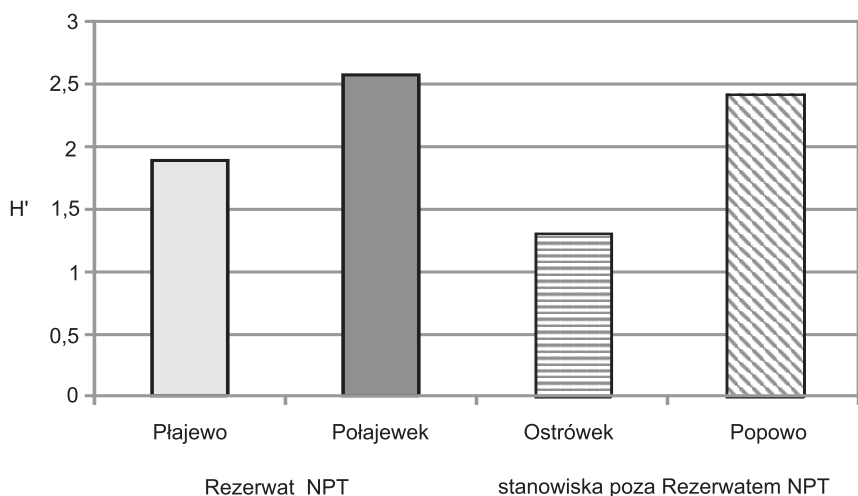
Porównanie ilościowe zgrupowań mszyc w badanych stanowiskach przeprowadzone za pomocą wskaźnika Renkonena (Re %) wykazało podobieństwo struktury dominacji zgrupowań mszyc jedynie między stanowiskami w Ostrówku i Popowie (poza Rezerwatem NPT) (rys. 7).

Na terenie Rezerwatu NPT stwierdzono istotnie większą różnorodność gatunkową zgrupowań mszyc niż poza rezerwatem (przy $p > 0,01$) (rys. 5).

Zgrupowanie mszyc w Połajewku wykazało największą różnorodność gatunkową ($H' = 2,69$) w porównaniu ze zgrupowaniami tych owadów na pozostałych stanowiskach (rys. 6). Test Hutchisona i ocena istotności różnorodności między badanymi zgrupowaniami testem t-Studenta wykazały istotne różnice między stanowiskiem w Ostrówku i pozostałymi stanowiskami w NPT. Jedynie między zgrupowaniami mszyc w Połajewku i Popowie nie stwierdzono istotnych różnic (rys. 6).



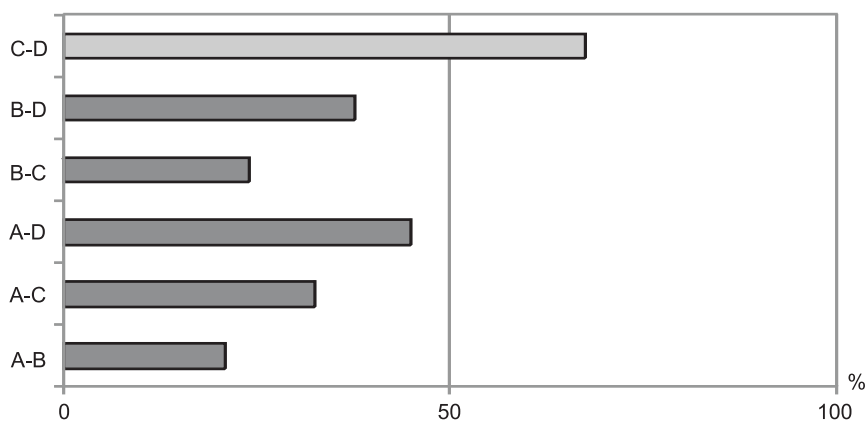
Rys. 5. Różnorodność gatunkowa mszyc w Rezerwacie NPT i poza Rezerwatem NPT na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT)



Oznaczenia: istotne różnice dla: $p \leq 0,05$ – x, $p < 0,01$ – xx, $p < 0,001$ – xxx

Połajewek	Popowo	Połajewo	Ostrówek
Połajewek		xx	xxx
	Popowo	xx	xxx
		Połajewo	xxx

Rys. 6. Różnorodność gatunkowa mszyc w badanych stanowiskach na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT)



Oznaczenia: A - Połajewo, B - Połajewek, C - Ostrówek, D - Popowo

Rys. 7. Podobieństwo struktury dominacji zgrupowań mszyc w badanych stanowiskach na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia (NPT)

DYSKUSJA

Analiza zebranego materiału wykazała, iż na obszarze Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia stwierdzono 11 gatunków mszyc żerujących na 13 gatunkach roślin żywicielskich. Przy czym na terenie Rezerwatu NPT występowało 10 gatunków mszyc, a poza

nim zaobserwowano tylko 7 gatunków. W badaniach Barczaka i in. [2000] na terenie Zespołu Parków Krajobrazowych Chełmińskiego i Nadwiślańskiego (ZPKChN) zaobserwowano 15 gatunków mszyc na 22 gatunkach roślin. Na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego stwierdzono 26 gatunków mszyc na 58 roślinach [Osiańczak 2007]. Wilkaniec [2001] na obrzeżu Wielkopolskiego Parku Narodowego odłowila do pułapek 7 gatunków mszyc (a w roku kolejnym 8 gatunków).

Wydaje się, że wpływ na bogactwo gatunków mszyc miało zróżnicowanie siedlisk, polegające na w różnym bogactwie gatunkowym roślin, jako źródle pokarmu dla mszyc. Z przedstawionych badań wynika, że najcenniejszym stanowiskiem pod tym względem był Połajewek na terenie Rezerwatu NPT.

W Rezerwacie NPT do najliczniej notowanych gatunków mszyc należały: *Myzus cerasi*, *Macrosiphoniella artemisiae*, *A. fabae*, *Aphis sambuci*, inne gatunki wystąpiły w niewielkiej liczbie. Poza Rezerwatem NPT najliczniejsze były natomiast gatunki: *A. sambuci*, *A. fabae* i *Aphis urticae*, pozostałe gatunki były reprezentowane przez bardzo małą liczbę osobników. W badaniach Barczaka i in. [2000] przeprowadzonych na zakrzewieniach śródpolnych w siedliskach ZPKChN wśród najczęściej występujących gatunków mszyc były również *A. sambuci* oraz *A. fabae*, również bardzo liczna w Ojcowskim Parku Narodowym [Osiańczak 2007] i Wielkopolskim Parku Narodowym [Wilkaniec 2001].

Na terenie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia największą liczbę badanych gatunków roślin zasiedlała mszyca burakowa (*A. fabae*). Był to gatunek dominujący w Rezerwacie NPT. Mszycę *A. fabae* obserwowano na 3 gatunkach roślinach żywicielskich: maku polnym (*Papaver rhoeas*), szczawiu kędzierzawym (*Rumex crispus*) i trzmielinie pospolitej (*Euonymus europaea*). W badaniach Bennewicz i Barczaka [2002] na wybranych rodzajach wysp środowiskowych, zaobserwowano mszycę *A. fabae* na marunie bezwonnej (*Matricaria inodorum*), ostrożeńcu polnym (*Cirsium arvense*), szczawiu kędzierzawym (*Rumex crispus*) i łopianie mniejszym (*Arctium minus*). Na terenie ZPKChN Barczak i in. [2000] zaobserwowali mszycę burakową na: *A. minus*, *A. lappa* (łopianie większym), *C. arvense*, *M. inodorum*, *R. crispus*, szczawiu tępolistnym (*Rumex obtusifolius*). Osiańczak [2007] prowadząc badania w Ojcowskim Parku Narodowym notowała *A. fabae* na wielu gatunkach roślin, w tym również na *P. rhoeas*, maku lekarskim (*P. somniferum*), *R. obtusifolius*, *E. europaea*, *A. lappa*, łopianie pajęczynowatym (*Arctium tomentosum*), *C. arvense*, ostrożeńcu warzywnym (*C. oleraceum*), ostrożeńcu lancetowatym (*C. vulgare*) i na *M. inodorum*. Winiarska [1997] prowadziła obserwacje nad mszycą *A. fabae* na *Chenopodium* sp., *Arctium* sp. i na *Cirsium* sp. Mszyca burakowa powszechnie uważana jest za groźnego szkodnika roślin uprawnych. Jest to jednak gatunek politopowy i składa się z kilku odrębnych podgatunków, które zasiedlają różne gatunki roślin żywicielskich [Bennewicz i Barczak 2002]. Jedyne podgatunek *A. fabae fabae* Scop. jest szkodnikiem, w tym głównie buraka cukrowego i pastewnego oraz bobu. Na trzmielinie zwyczajnej (*E. europaea*) żeruje zarówno *A. fabae fabae*, jak i *A. fabae evonymi* Fabr, która cały cykl rozwojowy odbywa tylko na tym krzewie. Mszyca burakowa, którą obserwowano przez cały okres prowadzenia badań na terenie NPT, mogła być nieszkodliwym podgatunkiem dla roślin uprawnych. Podobnie można przypuszczać, że szczaw kędzierzawy (*R. crispus*) w siedliskach we wsi Połajewo i Popowo był zasiedlany przez nieszkodliwy podgatunek *A. fabae solanella* [Bennewicz i Barczak 2002]. Można więc wysnuć tezę, iż obserwowana na terenie NPT mszyca *A. fabae* nie stanowiła zagrożenia dla buraka cukrowego uprawianego w obrębie Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia.

Krzewy *S. nigra* zarówno w Rezerwacie NPT, jak i poza nim były bardzo licznie opanowane przez *Aphis sambuci*. Gatunek ten był dominantem we wszystkich stanowiskach [Barczak i in. 2000, Bennewicz 2001]. Z badań Goszczyńskiego i Ośka [2007] wynika, że liczniej gatunek ten występował na krzewach rosnących w skupieniu. Nie potwierdziły tego badania prowadzone na terenie NPT. Zarówno pojedyncze krzewy były tak samo licznie zasiedlane, jak i cały kompleks zakrzewienia [Bennewicz i in. 2011]. Przy czym mszyca ta jest uważana za gatunek toksyczny dla niektórych afidofagów, w tym dla biedronek [Barczak 1994]. *A. sambuci* jest gatunkiem dwudomnym: jesienią i wiosną występuje na krzewach *S. nigra*, a latem migruje na korzenie roślin selerowatych, stąd nie stanowi żadnego zagrożenia dla pobliskich pól uprawnych.

Na badanych stanowiskach stwierdzono niską różnorodność gatunkową mszyc na co mogła mieć wpływ zbyt uboga liczba gatunków roślin żywicielskich [Bennewicz i in. 2011]. Przy czym w Rezerwacie NPT była ona istotnie wyższa niż poza rezerwatem, co wskazuje, że zapewnia on większe bogactwo zarówno gatunków mszyc, jak i ich naturalnych wrogów. Uwzględniając powyższe dane literaturowe, jak i przedstawione wyniki badań, można stwierdzić, że NPT jest siedliskiem, w którym gatunki mszyc uważane za szkodniki roślin uprawnych bądź nie zasiedlają tych siedlisk, bądź traktują je jako miejsca do dalszej dyspersji, albo jak w przypadku *A. fabae* żerują głównie na roślinności zielnej [Bennewicz 2010, 2012].

Mszyce spełniają również ważną rolę, jako ogniwo w łańcuchu pokarmowym będąc źródłem pożywienia dla wielu gatunków pająków i owadów, w tym drapieżnych larw Cecidomyiidae, Chamaemyiidae i Syrphidae oraz parazytoidów [Hurej 1982, Barczak 1994, Winiarska 1998, Kean i Müller 2004]. Dlatego też badanych stanowisk nie można traktować jako rezerwuary szkodliwych gatunków mszyc dla roślin uprawnych. Ponadto, wyżej wymienione afidofagi, odżywiając się koloniami mszyc nieszkodliwych na badanym terenie, mogą z kolei redukować kolonie mszyc szkodliwych i modyfikować fluktuacje ich liczebności na roślinach uprawnych w sezonie [Bennewicz 1996, Bennewicz i Krasicka-Korczyńska 1997, Bennewicz i Kaczorowski 1999, Bennewicz i in. 2001].

Należy również podkreślić, że badane stanowiska były w pobliżu pól uprawnych, a ponieważ cały region nadgoplański jest typowo rolniczym, stąd ważne jest to, iż obserwowane gatunki mszyc nie muszą stanowić problemu fitosanitarnego dla upraw rolniczych w tym regionie.

Podsumowując można stwierdzić, że badane stanowiska na terenie Nadgoplańskiego Parku Krajobrazowego są swoistymi refugiami i elementami korzyści ekologicznych, przydatnymi zarówno dla zachowania bioróżnorodności, jak i ochrony gatunków pożytecznych tam bytujących [Barczak i in. 2000, Thomas i in. 2001, Banaszak i Cierznia 2002, Barczak i in. 2002, Bennewicz i Barczak 2002, Piekarska-Boniecka 2005, Bennewicz 2010, Bennewicz 2012].

Wydaje się, że badane stanowiska na obszarach chronionych NPT mają znaczenie dla równowagi ekologicznej w krajobrazie rolniczym. Problem takich półnaturalnych ostoj leży w zakresie priorytetów polityki rolnej państwa. Są one jeszcze wciąż niedoceniane na poziomie podstawowym, czyli gospodarstw rolnych. Zabezpieczenie istniejących i tworzenie nowych siedlisk jako ostoj, tzw. dzikiej przyrody jako korzyści ekologicznych, jest jednym z warunków jej przetrwania w krajobrazie kulturowym. Dla Polski i całej Unii Europejskiej może to być przejawem realizacji celów ochrony zasobów różnorodności biologicznej. Cele te zbiegają się z możliwością realnego zwiększenia zasięgu rolnictwa proekologicznego.

LITERATURA

- Banaszak J., Cierznia T., 2002. Wyspy środowiskowe krajobrazu rolniczego jako refugia owadów zapylających – próba waloryzacji. [W:] Wyspy środowiskowe. Bioróżnorodność i próby typologii, red. J. Banaszak. Wyd. Akademii Bydgoskiej, 105-125.
- Barczak T., 1994., Naturalni wrogowie mszyc i ich znaczenie w ochronie roślin. Wiad. Entomol. 13(3), 141-152.
- Barczak T., Bennewicz J., Kaczorowski G., 2002. Zarośla śródpolne jako rezerwuariat bioróżnorodności afidofagów. [W:] Wyspy środowiskowe. Bioróżnorodność i próby typologii, red. J. Banaszak. Wydawnictwo Akademii Bydgoskiej, 127-155.
- Barczak T., Kaczorowski G., Bennewicz J., Krasicka-Korczyńska E., 2000. Znaczenie zarośli śródpolnych jako rezerwuariatów naturalnych wrogów mszyc. Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy, 147.
- Bednorz J., 1997. Rola Parków Krajobrazowych. [W:] XXX lat Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia, 5-8.
- Bennewicz J., 1996. Incidence of aphids in boundary and adjacent sugar beet field. Aphids and Other Homopt. Insects 5, 23-31.
- Bennewicz J., 2001. Zgrupowania mszyc i ich naturalnych wrogów, muchówek z rodziny bzygowatych w zaroślach śródpolnych. Progr. Plant Prot. 41, 670-674.
- Bennewicz J., 2010. Aphids (Hemiptera: Aphididae) of midfield thickets in agricultural landscape. Catches in Moericke's traps. Polish J. Entomol. 79, 139-163.
- Bennewicz J., 2011. Aphidivorous hoverflies (Diptera: Syrphidae) at field boundaries and woodland edges in an agricultural landscape. Polish J. Entomol. 80, 129-150.
- Bennewicz J., 2012: Aphids (Hemiptera: Aphididae) of midfield thickets in agricultural landscape. Polish J. Entomol. 81, 11-33.
- Bennewicz J., Barczak T., 2002. Sezonowa dynamika pojawu mszycy burakowej (*Aphis fabae* Scop.) w wybranych rodzajach wysp środowiskowych. [W:] Wyspy środowiskowe. Bioróżnorodność i próby typologii, red. J. Banaszak. Wyd. Akademii Bydgoskiej, 157-168.
- Bennewicz J., Barczak T., Krzemkowska I., Ścibut K., 2011. Aphids (Hemiptera: Aphididae) of Bydgoszcz parks. [W:] Urban Fauna, red. P. Indykiewicz, L. Jerzak, J. Böhner, B. Kavanagh. Wyd. Uczeln. Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, 121-132.
- Bennewicz J., Kaczorowski G., 1999. Mszyce (*Aphidodea*) i biegaczowate (*Carabidae*) zakrzewieńśródpolnych. Progr. Plant Prot. 39, 603-607.
- Bennewicz J., Kaczorowski G., Barczak T., 2001. Aphids in midfield thickets in Lower Vistula Landscape Park. J. Plant Prot. Res. 41, 348-362.
- Bennewicz J., Krasicka-Korczyńska E., 1997. Zgrupowania mszyc a różnorodność roślinności zarośli śródpolnych pól uprawnych. Progr. Plant Prot. 37, 88-92.
- Blackman R.L., Eastop V.F., 1994. Aphids on the World's trees, An Identification and Information Guide. The Natural History Museum, UK, 1003.
- Chmiel J., 1997. Nadgoplański Park Tysiąclecia. Ogólna charakterystyka siedlisk i roślinności. [W:] XXX lat Nadgoplańskiego Parku Tysiąclecia, Kruszwica, 55-58.
- Cichocka E., 2001. Czy mszyce zawsze szkodzą roślinom żywicielskim. Katedra Ochrony Przyrody, Katolicki Uniwersytet Lubelski. VIII Ogólnopolska Konf. Afidologiczna. Mat. Konf., Siedlce, 23.
- Goszczyński W., Osek M., 2007. *Sambucus nigra* L. area landscape and its aphid fauna, Aphid and other Homopt. Insects 13, 107-113.
- Hurej M., 1982. Naturalna redukcja liczebności populacji mszycy trzmielinowo-burakowej – *Aphis fabae* Scop. przez *Syrphidae* (Diptera) w uprawie buraka cukrowego. Pol. Pismo Entomol. 52, 287-294.
- Hutcheson K., 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. J. Theoretical Biology 29, 151-154.
- Kean J.M., Müller C.B., 2004. Can competition explain local rarity of a nettle aphid? Ekological Entomol. 29, 706-710.

- Klimaszewski S. M., Wojciechowski W., Czylok A., Gębicki C., Herczek A., Jasińska J., 1980. Zgrupowania wybranych grup pluskwiaków równoskrzydłych (*Homoptera*) i różnoskrzydłych (*Heteroptera*) w lasach rejonu huty „Katowice”. *Acta Biol.* 8, 22-39.
- Matuszkiewicz J. M., 2008. Regionalizacja geobotaniczna Polski. IGIPIZ PAN Warszawa.
- Mirek Z., 2002, Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski, Flowering plants and pteridophytes of Poland a checklist, Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences Kraków, 400.
- Müller F. P., 1982, Das Problem *Aphis fabae*. *Z. Ang. Entomol.*, 94, 432-446.
- Osiadacz B., 2007, Mszyce (Aphidinea, Hemiptera) Ojcowskiego Parku Narodowego – struktura i geneza fauny. (Pr. Niepublikowana)
- Pawlikowski T., 1985. Zgrupowania dzikich pszczołowatych (Hymenoptera Apoidea) na kserotermicznych siedliskach wydmywch Kotliny Toruńskiej. *Studia Societatis Scientiarum Torunensis, Sec. E.* 10, 1-82.
- Piekarska-Boniecka H., 2005. Dynamika zgrupowań *Pimplinae* (Hymenoptera, Ichneumonidae) w krajobrazie rolniczym Środkowej Wielkopolski. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 366, 204.
- Remaudière G., Remaudière M., 1997, Catalogue des Aphididae du monde – Homoptera Aphididae. Institut National de la Recherche Agronomique Paris, 473.
- Shannon C.E., Weaver W., 1963. The mathematical theory of communication. Urban.
- Stępczak K., 1998, Ochrona i kształtowanie środowiska, WSiP Warszawa.
- Szelegiewicz H., 1968, Katalog Fauny Polskiej Mszyce. PWN Warszawa, 316.
- Taylor L.R., 1980. A Handbook for aphid identification. Euraphid – Rothamsted, 171.
- Thomas C. F. G., Parkinson L., Griffiths G. J. K., Fernandez Garcia A., Marshall E. J. P., 2001. Aggregation and temporal stability of carabid beetle distributions in field and hedgerow habitats. *J. Appl. Ecol.* 38, 100-116.
- Wilkaniec B., 2001. Afidofauna zarośli śródpolnych. Katedra Entomologii, Akademia Rolnicza, Poznań. VIII Ogólnopolska Konferencja Afidologiczna. Mat. Konf. Siedlce, 31.
- Winiarska W., 1997. Wrogowie naturalni mszyc kompleksu *Aphis fabae* Scop. (*Aphididae*) na wybranych gatunkach chwastów terenów zieleni miejskiej Lublina. *Wyd. Akademii Rolniczej w Lublinie*, 80.
- Winiarska W., 1998. Parasitic larvae of erythraeid mites associated with *Aphis fabae* colonies. *Pol. Pismo Entomol.* 67, 151-153.

WPLYW ZABIEGÓW OCHRONY CZYNNEJ NA ROZTOCZE (ACARI) REZERWATU SKARPY ŚLESIŃSKIE

**Grzegorz Bukowski, Bogusław Chachaj
Radomir Graczyk, Grzegorz Gackowski**

Katedra Ekologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Zmiany zachodzące w środowisku naturalnym są często powodem zmniejszania się populacji wielu gatunków roślin i zwierząt, wpływają również na ograniczenie arealów występowania zbiorowisk roślinnych. Ważną formą ochrony szaty roślinnej jest zabezpieczenie zasobów genowych poprzez tworzenie rezerwatów. Na obszarze rezerwatu Skarpy Ślesińskie skupia się wiele rzadko spotykanych w Polsce roślin kserotermicznych. Murawy kserotermiczne są jednymi z najbogatszych nieleśnych siedlisk Europy. Na terenie Polski odnotowano 77 taksonów, z których 55 związanych z tym siedliskiem, wymienionych jest w Polskiej Czerwonej Księdze Roślin [Ceynowa 1968]. Murawy kserotermiczne porastają nasłonecznione stoki o południowej ekspozycji, siedliska suche i ciepłe oraz bogate w węglan wapnia [Ceynowa-Gieldon 1991]. Kserotermiczne zbiorowiska murawowe mają charakter półnaturalny i wykształciły się pod wpływem ekstensywnej gospodarki pasterskiej. Aktualnie traktuje się je jako siedliska marginalne, w większości nieużytki, o wciąż zmniejszających się powierzchniach [Barańska i Jermaczek 2008]. Procesy sukcesyjne zachodzą na tych murawach dość szybko, powodowane są brakiem wpływu czynników antropogenicznych i prowadzą do zubożenia składu tych biocenoz [Perzanowska i Kujawa-Pawlaczyk 2004]. W rezerwacie Skarpy Ślesińskie obok zbiorowisk roślin zielnych pojawiły się również murawy zaroślowe, tworzone głównie przez takie gatunki, jak głóg (*Crataegus* L.) i tarnina (*Prunus spinosa* L.). Kolejnym etapem sukcesji może być pojawienie się na tych stanowiskach ciepłolubnych grądów, dąbrów świetlistych lub ciepłolubnych łągów zboczowych [Barańska i Jermaczek 2008]. Ochrona muraw w rezerwacie polega na systematycznych trzebieżach krzewów i nalotu drzew [Ceynowa 1968, Ceynowa-Gieldon 1991].

Dla funkcjonowania gleb ważny jest edafon. Liczną jego grupę stanowią roztocze, w tym saprofagiczne mechowce. Rztocze są bioindykatorami gleb. Badając zmiany zachodzące w populacjach tych pajęczaków, można zauważyć niekorzystne zmiany zachodzące w strukturze i funkcjonowaniu układów ekologicznych [Niedbała 1980].

Celem badań było określenie wpływu zabiegów ochrony czynnej na liczebność i skład gatunkowy rztoczki glebowych w zbiorowiskach roślinnych rezerwatu Skarpy Ślesińskie.

CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Rezerwat florystyczny Skarpy Ślesińskie położony jest w województwie kujawsko-pomorskim, w gminie Nakło nad Notecią. Na jego obszarze znajduje się 7 skarp zlokalizowanych wzdłuż torów linii kolejowej Bydgoszcz-Nakło, na długości ok. 1200 m. Od stron wschodniej i zachodniej rezerwat graniczy z terenami zadrzewień

i zakrzewień. Granica północna – szczyty skarp – sąsiaduje z gruntami ornymi i zakrzewieniami, a południowa – z linią kolejową, za którą rozciągają się łąki.

Skarpy Ślesieńskie pod względem fizyczno-geograficznym położone są na obszarze krawędzi doliny Środkowej Noteci. Na północ od omawianego obszaru rozciąga się falista wysoczyzna morenowa Pojezierza Krajeńskiego, a od południa płaska, zatorfiona pradolina Toruńsko-Eberswaldzka [Kondracki 1998]. Okres wegetacyjny trwa średnio 210-215 dni. Średnia temperatura wynosi 7,9°C a opad atmosferyczny 500 mm na rok. Przeważają wiatry zachodnie i południowo-zachodnie [Studium uwarunkowań... 2000].

Badana skarpa to teren sztucznie ukształtowany [Ceynowa-Giełdon 1991]. Charakteryzuje ją wystawa południowa i regularne 30-stopniowe nachylenie. Tworzą ją gliny zwałowe i piaski. Odczyn gleb, oznaczony metodą kolorymetryczną, jest słabo kwaśny w górnej, badanej warstwie gleby, a w warstwach głębszych – zasadowy. Skarpę tworzy słabo wykształcona gleba brunatna, której profil jest zróżnicowany zależnie od wysokości stoku i nachylenia [Ceynowa-Giełdon 1991, Komendarczyk 1993]. Miąższość poziomu akumulacyjno-próchnicznego jest najmniejsza u szczytu skarpy, a największa u podstawy stoku, co jest wynikiem zmywania odkładanej materii organicznej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań pobrano wiosną i jesienią 2007 roku na terenie rezerwatu Skarpy Ślesieńskie. Roztocze zostały pobrane z czterech powierzchni na zachodniej, skrajnej skarpie. Do badań wytypowano cztery powierzchnie: P1 – u szczytu, pod krzewami, P2 – na stoku, porośniętą 2-3 letnimi siewkami krzewów, P3 – na stoku, porośniętą roślinnością zielną, bez krzewów, P4 – u podnóża, porośniętą roślinnością zielną, bez krzewów. Roślinność powierzchni badawczych poddano analizie fitosocjologicznej.

Na każdej powierzchni, w każdym sezonie pobrano po 5 prób o objętości 100 cm³. Pobrano roślinność, ściółkę oraz glebę do głębokości 3 cm. Pozyskano 2083 sztuk roztoczy, w tym 874 mechowce, wykorzystując zmodyfikowany aparat Tullgreana. Pobrane okazy spreparowano, a następnie oznaczono – Gamasida do rzędu, a Oribatida włącznie ze stadiami młodocianymi do gatunku lub rodzaju.

Strukturę gatunkową zgrupowań mechowców badanych siedlisk porównano wskaźnikiem podobieństwa metodą UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) z zastosowaniem odległości Euklidesowej. Dane poddano logarytmicznej transformacji $\log(n+1)$. Przeprowadzono podstawowe statystyki opisowe, a ocenę zgodności rozkładu parametrów mierzalnych z rozkładem normalnym dokonano za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa. Do sprawdzenia jednorodności wariancji wykorzystano test Levene'a. W celu określenia istotności różnic w bogactwie i obfitości zgrupowań roztoczy pomiędzy badanymi siedliskami przeprowadzono ANOVA rang Kruskal-Wallis. Jeśli test Kruskala-Wallisa był pozytywny ($P < 0,05$) przeprowadzano test wielokrotnych porównań średnich rang. Poziom istotności dla wszystkich testów statystycznych przyjęto $P = 0,05$. Uzyskane dane poddano analizie statystycznej za pomocą programu MS Excel 2007, pakietu Statistica 10.0 i MVSP 3.2 (Kovach Computing Services 2010) [Stanisz 2006a, b, Piernik 2008].

WYNIKI

Roślinność powierzchni P1 u szczytu skarpy porastałyczyźnie – ciepłolubne zbiorowiska okrajkowe z klasy Rhamno-Prunetea (tab. 1) [Matuszkiewicz 2007]. Krzewy

tworzyły warstwę roślinności o zwarciu zbliżonym do 100%. W płatach roślinności przeważała tarnina (*Prunus spinosa* L.) i głogi (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC. i *Crataegus monogyna* Jacq.). Oprócz nich znaczny udział miała trzmielina zwyczajna (*Euonymus europaea*) i dzika róża (*Rosa canina* L.). Odnotowano też pojedyncze okazy z gatunków: wiąz pospolity (*Ulmus minor* Mill. emed. Richens), klon polny (*Acer campestre* L.) i dereń świda (*Cornus sanguinea* L.). Wśród krzewów w niższej warstwie dominowała jeżyna fałdowana (*Rubus plicatus* Weihe et Nees). Roślinność zielna reprezentowana była skąpo przez wiechlinę zwyczajną (*Poa trivialis* L.) i pojedyncze osobniki z gatunków: świerznica polna (*Knautia arvensis* (L.) Coult.) i chaber driakiewnik (*Centaurea scabiosa* L.). Powierzchnie położone na stoku skarpy (P2 i P3) porastał zespół roślinności murawowej *Adonido-Brachypodium pinnati* ze związku *Cirsio-Brachypodium pinnati* z tą różnicą, że na powierzchni P2 wyraźnie zaznaczała się sukcesja roślinności okrajkowej. Roślinność zbiorowiska cechowała się dużym zwarciem, które przypominało pokrywę kwiatnych stepów łąkowych. Dominującymi gatunkami w zespole były: kłosownica pierzasta (*Brachypodium pinnatum* L.), stokłosa bezostna (*Bromus inermis* Leyss) i miłek wiosenny (*Adonis vernalis* L.). Powierzchnię P2 od P3 odróżniała nie tylko obecność krzewów, głównie trzmieliny (*Euonymus europaea*) i głogu dwuszyjkowego (*Crataegus laevigata* L.), ale także skupienia poziomki twardawej (*Fragaria viridis* Duchesne) w niższej warstwie roślinności. Na powierzchni P3 istotnym elementem kształtującym fizjonomię płatów była licznie występująca szalwia łąkowa (*Salvia pratensis* L.). Powierzchnia P4 znajdowała się u podnóża skarpy. Porastało ją również zbiorowisko murawowe *Thalictro-Salvietum pratensis* ze związku *Cirsio-Brachypodium pinnati*. Optycznie dominowała szalwia łąkowa (*Salvia pratensis* L.). Fizjonomię zbiorowiska kształtowały barwnie kwitnące gatunki: miłek wiosenny (*Adonis vernalis* L.), leniec pospolity (*Thesium linophyllum* L.), wężymord stepowy (*Scorzonera purpurea* L.), chaber nadreński (*Centaurea stoebe* L.), wilczomlec sosnka (*Euphorbia cyparissias* L.), driakiew gołębia (*Scabiosa columbaria* L.s.str.), krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.) i świerznica polna (*Knautia arvensis* (L.) Coult.). Dość znaczny był udział traw, takich jak: rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius* (L.) P.Beauv. ex J.Presl etc. Presl), owsica łąkowa (*Avenula pratensis* (L.) Dumort.) i wiechlina zwyczajna (*Poa trivialis* L.). Wyraźnie zaznaczony był udział gatunków łąkowych, co może świadczyć o kierunku przemian tego zbiorowiska.

Największą liczebność roztoczy odnotowano na powierzchni P4, u podnóża skarpy (43,22 tys. osobników na m²), a najmniejszą na P1, u jej szczytu (19,14 tys. osobników na m²) (tab. 2). Licznie na badanych powierzchniach występowały saprofagiczne mechowce, które stanowiły 37-51% populacji wszystkich roztoczy. Największą liczebność Oribatida odnotowano na powierzchni P4, a najmniejszą na P1 (odpowiednio 15,95 i 8,37 tys. osobników na m²).

Na badanych powierzchniach udział osobników dorosłych w populacji Oribatida był wyższy niż form młodocianych. Osobniki młodociane najliczniej występowały na powierzchni P4, gdzie stanowiły 36% populacji, a najmniej licznie na powierzchni P3 – 25%.

Drapieżne Gamasida na badanej skarpie stanowiły 7-14% populacji wszystkich roztoczy. Najwyższą liczebność tych pajęczaków stwierdzono na powierzchni P3, na dolnej części stoku (5,00 tys. osobników na m²), a najniższą na powierzchni P1 (1,38 tys. osobników na m²). Dla populacji Oribatida i Gamasida nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie pomiędzy badanymi powierzchniami.

Tabela 1. Analiza florystyczna badanych powierzchni rezerwatu Skarpy Ślesieńskie (W – wiosna; J – jesień)

Powierzchnia	P1		P2		P3		P4	
Sezon	W	J	W	J	W	J	W	J
Dwonek syberyjski (<i>Campanula sibirica</i> L.)			+	+	+			
Milek wiosenny (<i>Adonis vernalis</i> L.)			1	1	1	1	+	1
Wężymord stepowy (<i>Scorzonera purpurea</i> L.)			+	+	+	1	+	+
Kłosownica pierzasta (<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P. Beauv.)			2	1	2	+	1	
Żebrzyca roczna (<i>Seseli annuum</i> L.)					+			
Ostnica Jana (<i>Stipa joannis</i> Čelak. s.s.)			+		+		+	
Szałwia łąkowa (<i>Salvia pratensis</i> L.)			+		2	2	1	2
Krwawnik pannoński (<i>Achillea pannonica</i> Scheele)				+				
Rumian żółty (<i>Anthemis tinctoria</i> L.)						+		
Szparag lekarski (<i>Asparagus officinalis</i> L.)						+		1
Stokłosa bezostna (<i>Bromus inermis</i> Leyss.)			1	1	1	1	1	+
Otrotłódka kosmata (<i>Oxytropis pilosa</i> (L.) DC.)					+			
Pięciornik piaskowy (<i>Potentilla arenaria</i> Borkh.)				+			+	
Driakiew żółtawa (<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.)					+			+
Leniec pospolity (<i>Thesium linophyllon</i> L.)							1	1
Dąbrówka kosmata (<i>Ajuga genevensis</i> L.)			+	+				
Bylica polna (<i>Artemisia campestris</i> L.)						+	1	2
Owsica łąkowa (<i>Avenula pratensis</i> (L.) Dumort.)					1	1	1	2
Dzwonek skupiony (<i>Campanula glomerata</i> L.)				+				
Turzyca wiosenna (<i>Carex caryophyllea</i> Latourr.)					+	+	+	
Chaber nadreński (<i>Centaurea stoebe</i> L.)		+	+	+	+		+	+
Chaber driakiewnik (<i>Centaurea scabiosa</i> L.)	+	+	+					
Pępawa różyczkolistna (<i>Crepis praemorsa</i> (L.) Tausch)				+		+		
Goździk kartuzek (<i>Dianthus carthusianorum</i> L.)				+	+	+		
Wilczomlec sosnka (<i>Euphorbia cyparissias</i> L.)				+	+	+	+	1
Wiązówka bulwkowa (<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.)					+			
Przytulia biała (<i>Galium album</i> Mill.)						+	+	
Tymotka Boehmera (<i>Phleum phleoides</i> (L.) H. Karst.)				1	1			
Babka średnia (<i>Plantago media</i> L.)			+		+		+	
Wiechlina spłaszczona (<i>Poa compressa</i> L.)			1	1				
Driakiew wonna (<i>Scabiosa canescens</i> Waldst. et Kit.)					+	1		
Czyściec prosty (<i>Stachys recta</i> L.)				+				
Przetacznik kłosowy (<i>Veronica spicata</i> L.)					+			
Goździcznik wycięty (<i>Petrorhagia prolifera</i> (L.) P. W. Ball et Heywood)							+	
Driakiew gołębia (<i>Scabiosa columbaria</i> L. s. str.)		+	+		+	+	+	+
Sierpik barwierski (<i>Serratula tinctoria</i> L.)						+		
Trzmielina zwyczajna (<i>Euonymus europaea</i> L.)	1	1	1	+				
Głóg dwuszyjkowy (<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC.)	2	2	1	1				
Wiąz pospolity (<i>Ulmus minor</i> Mill. emend. Richens)	1	+						
Głóg jednoszyjkowy (<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.)	1	1		1				
Róża dzika (<i>Rosa canina</i> L.)	2	1	+					
Klon polny (<i>Acer campestre</i> L.)	+			r				
Dereń świdwa (<i>Cornus sanguinea</i> L.)	+							
Śliwa tarnina (<i>Prunus spinosa</i> L.)	2	3						

cd. tabeli 1

Róża gęstokolczasta (<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.)			+					
Kłosówka miękka (<i>Holcus mollis</i> L.)			+		+			
Jeżyna fałdowana (<i>Rubus plicatus</i> Weihe et Nees)	1	1		+		+	1	
Krwawnik pospolity (<i>Achillea millefolium</i> L.)			+		+		+	+
Poziomka twardawa (<i>Fragaria viridis</i> Duchesne).		+	1	1	1			
Rajgras wyniosły (<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. ex J. Presl et C. Presl)					+	+	2	3
Pępawa dwuletnia (<i>Crepis biennis</i> L.)					+		+	
Przytulia pospolita (<i>Galium mollugo</i> L. s. str.)						+		+
Świerzbnica polna (<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.)	+			+	+	+	+	+
Pasternak zwyczajny (<i>Pastinaca sativa</i> L.)					+			
Wiechlina zwyczajna (<i>Poa trivialis</i> L.)	1		+	+	1	1	1	+
Głowienka pospolita (<i>Prunella vulgaris</i> L.)					+			

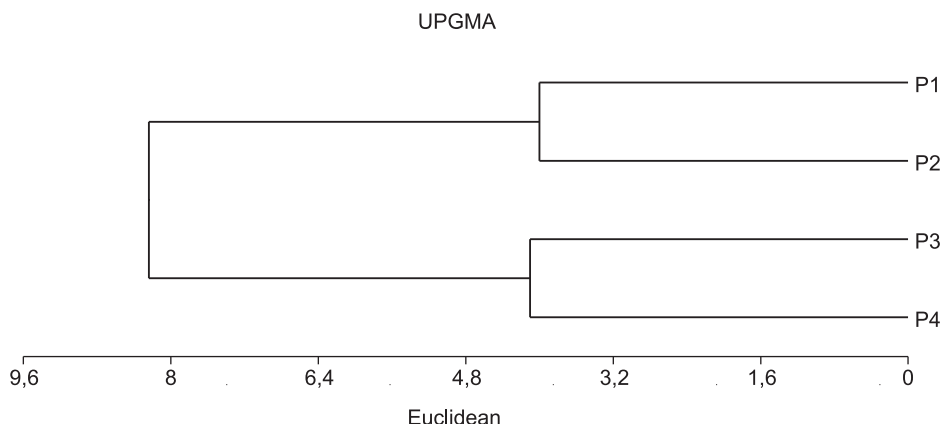
Tabela 2. Liczebność roztoczy (A w tys. osobn. na m²; D – osobniki dorosłe, M – osobniki młodociane, R – razem), liczba gatunków (S) i wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (H') dla Oribatida na badanych powierzchniach rezerwatu Skarpy Ślesieńskie

Takson			P1	P2	P3	P4	Mean	ANOVA rang	
								Kruskal-Wallis	
								<i>H'</i>	<i>p</i>
Oribatida	A	D	6,02	9,69	10,47	10,29	9,1±8,8	5,05	0,168
	A	M	2,35	4,70	3,43	5,66	4,0±3,6	5,04	0,169
	A	R	8,37	14,39	13,91	15,95	13,2±11,2	4,72	0,193
	S		15	13	11	18			
	H		1,965	1,760	1,514	1,725			
Gamasida	A		1,38	3,07	5,00	3,49	3,24±3,8	5,11	0,164
Pozostałe taksony	A		9,39	10,96	16,07	23,78	15,0±26,5	4,89	0,179
Acari	A		19,14	28,41	34,98	43,22	31,4±32,5	4,90	0,179

Tabela 3. Liczebność (A w tys. osobn. na m²), wskaźnik stałości występowania (C) i charakterystyka statystyczna taksonów Oribatida, na badanych powierzchniach rezerwatu Skarpy Ślesieńskie

Takson	P1		P2		P3		P4		ANOVA rang Kruskal – Wallis	
	A	C	A	C	A	C	A	C	H	p
<i>Adoristes ovatus</i> (C.L. Koch)	0,24	20			0,06	10	0,06	10	2,27	0,517
<i>Banksinoma lanceolata</i> (Michael)							0,06	10	3,00	0,391
<i>Brachychthonius</i> sp.	0,60	20	4,03	30	2,41	60	0,36	40	3,63	0,303
<i>Damaeobelba</i> 1			0,06	10					3,01	0,392
<i>Eupelops occultus</i> C.L. Koch	0,78	50	1,08	50	0,78	70	3,49 ^{ABC}	100	12,81	0,005
<i>Galumna</i> sp.			0,18	10			0,66 ^{AC}	40	9,53	0,022
<i>Hermaniella granulata</i> (Nicolet)							0,18	10	3,00	0,391
<i>Liaccarus coracinus</i> (C.L. Koch)	0,06	10	0,42	20	0,06	10	0,42	40	3,69	0,296
<i>Liebstadia humerata</i> Sellnick	0,36	30	1,02	40	7,10 ^{AB}	100	8,01 ^{AB}	100	25,24	0,000
<i>Metabelba pulverulenta</i> C.L. Koch			0,06	10			0,30	20	3,93	0,268
<i>Micreremus brevipes</i> (Michael)	0,12	10							3,03	0,393
<i>Nothrus borussicus</i> Sellnick	0,48	10							3,00	0,391
<i>Nothrus silvestris</i> Nicolet	0,06	10	0,06	10			0,06	10	1,05	0,788
<i>Oppiella minus</i> (Paoli)	0,12	20					0,18	20	4,33	0,228
<i>Palaeacarus hystricinus</i> Trägårdh	0,12	20			0,06	10	0,06	10	2,16	0,538
<i>Punctoribates punctum</i> (C.L. Koch)	2,83	50	4,58 ^A	100	1,08 ^B	60	0,24 ^B	40	18,12	0,000
<i>Quadroppia quadricarinata</i> (Michael)							0,06	10	3,02	0,392
<i>Rhysotritia duplicata</i> (Grandjean)			0,06	10	0,18	30			6,50	0,089
<i>Scheloribates</i> 1			0,06	10	0,06	10			2,05	0,562
<i>Scheloribates laevigatus</i> (C.L. Koch)	0,12	10	0,30	20	0,36	30	0,30	20	1,09	0,777
<i>Suctobelba</i> sp.	0,06	10					0,90	10	2,05	0,561
<i>Tectocepheus velatus</i> (Michael)	2,23	80	2,47	80	1,75	80	0,30 ^{ABC}	20	8,17	0,042
<i>Xenillus tegeocranus</i> (Hermann)	0,18	10					0,30	20	3,85	0,277

Różnice istotne statystycznie przy $P \leq 0,05$: ^A pomiędzy 1 a 2, 3, 4 ; ^B pomiędzy 2 a 3, 4 ; ^C pomiędzy 3 a 4



Rys. 1. Klasyfikacja hierarchiczna kumulująca z wykorzystaniem metody UPGMA z zastosowaniem odległości Euklidesowej populacji Oribatida na badanych powierzchniach rezerwatu Skarpy Ślesieńskie

Liebstadia humerata najliczniej i z wysokim wskaźnikiem stałości występowania wystąpił na powierzchni P4 (8,01 tys. osobników na m² i C = 100) (tab. 3). Na powierzchni P3 liczebność tego gatunku była niższa (7,10 tys. osobników na m²), a wskaźnik stałości występowania wysoki (C = 100). Na powierzchniach P2 i P1 liczebność *L. humerata* wynosiła odpowiednio 1,02 i 0,36 tys. osobników na m², a wskaźnik stałości występowania (C) odpowiednio 40 i 30.

Punctoribates punctum najliczniej (4,58 tys. osobników na m²) i z wysokim wskaźnikiem stałości (C = 100) wystąpił na powierzchni P2. Mniej licznie i z niższym wskaźnikiem stałości wystąpił na powierzchniach P1 i P3 (odpowiednio 2,83 i 1,08 tys. osobników na m² oraz C = 50 i 60). Najmniej licznie i z niskim wskaźnikiem stałości wystąpił na powierzchni P4 (0,24 tys. osobników na m² i C = 40).

Mechowce z rodzaju *Brachychthonius* najliczniej wystąpiły na powierzchni P2 (4,03 tys. osobników na m²), jednak wskaźnik stałości występowania taksonu na tej powierzchni był niski (C = 30). Mniej licznie, lecz z wyższym wskaźnikiem stałości, wystąpił na powierzchni P2 (2,41 tys. osobników na m² i C = 60). Na powierzchniach P1 i P4 rodzaj ten wystąpił mało licznie i z niskim wskaźnikiem stałości (odpowiednio 0,60 i 0,36 tys. osobników na m² i C = 20 i 40).

Eupelops occultus najliczniej i z wysokim wskaźnikiem stałości wystąpił na powierzchni P4 (3,49 tys. osobników na m² i C = 100). Na pozostałych powierzchniach liczebność i stałość występowania tego taksonu były niższe (0,78-1,08 tys. osobników na m² i C = 50-70).

Tectocephus velatus najliczniej wystąpił na powierzchni P2 (2,47 tys. osobników na m²), a mniej licznie na powierzchniach P1 i P3 (odpowiednio 2,23 i 1,75 tys. osobników na m²). Wskaźnik stałości występowania taksonu na tych powierzchniach był wysoki. Na powierzchni P4 *T. velatus* wystąpił nielicznie (0,30 tys. osobników na m²) i z niską stałością (C = 20).

Różnice istotne statystycznie pomiędzy populacjami zasiedlającymi cztery powierzchnie badanej skarpy stwierdzono jedynie dla gatunków – *Eupelops occultus*, *Liebstadia humerata*, *Punctoribates punctum*, *Tectocephus velatus* i *Galumna* sp.

DYSKUSJA

Największą liczebność roztoczy odnotowano na powierzchni u podnóża skarpy, a najmniejszą u jej szczytu. Taki układ liczebności pajęczaków mógł być związany z większą ilością materii organicznej, zmywanej w dół stoku przez spływającą po opadach wodę i większą wilgotnością gleby u dołu skarpy. Dostępność szczątków organicznych i wilgotność są ważnymi czynnikami warunkującymi liczebność roztoczy [Niedbała 1980].

Oribatida stanowił na badanych powierzchniach 37-51% populacji wszystkich roztoczy. Saprofagiczne mechowce często licznie występują w glebach i odgrywają istotną rolę w procesach mineralizacji oraz humifikacji materii organicznej [Boczek i Błaszak 2005]. W glebach leśnych i na torfowiskach wielokrotnie odnotowywano do kilkuset tysięcy osobników Oribatida na 1 m², a w ekosystemach łąkowych ich liczebność zwykle waha się od kilkudziesięciu do kilkuset tysięcy na 1 m² [Rajski 1961, Niedbała 1980]. W Europie ta grupa roztoczy na łąkach i pastwiskach zwykle jest najliczniejsza, natomiast w suchych ekosystemach trawiastych Ameryki Północnej i Australii dominują inne grupy roztoczy [Petersen 1982, Leetham i Milchunas 1985, Kinnear i Tongway 2004].

Na badanych powierzchniach udział osobników młodocianych w populacji Oribatida był niższy niż form dorosłych. Formy młodociane mechowców pełnią ważną funkcję w procesach glebotwórczych, ponieważ przypada na nie ok. 70% metabolizmu tych roztoczy [Berthet 1963]. Pobierają więcej pokarmu niż osobniki dorosłe, a w ich przewodzie pokarmowym jest więcej bakterii i promieniowców [Seniczak 1978, Niedbała 1980].

Na badanym terenie stwierdzono łącznie 23 taksony mechowców. Podobną liczbę taksonów stwierdzono na ekstensywnie użytkowanych łąkach i miejskich trawnikach [Bukowski 2008, Bukowski i Chachaj 2008], natomiast w zbiorowiskach leśnych może ich być nawet kilkadziesiąt [Niedbała 1980, Klimek 2000].

Analiza statystyczna wykazała, że struktura poszczególnych zgrupowań Oribatida istotnie różni się pomiędzy powierzchniami, na których występują krzewy, a tymi bez krzewów.

Na badanym terenie do licznych taksonów należały: *Liebstadia humerata*, *Punctoribates punctum*, *Brachychthonius* sp., *Eupelops occultus* i *Tectocephus velatus*.

Liczebność *Liebstadia humerata* była najniższa u szczytu skarp i wyraźnie wzrastała na kolejnych, niżej położonych powierzchniach. Gatunek ten według Rajskiego preferuje siedliska charakteryzujące się średnią wilgotnością i zakwaszeniem [Rajski 1968].

Punctoribates punctum wystąpił najliczniej na stoku, na powierzchni porośniętej siewkami krzewów, a najmniej licznie na płaskiej powierzchni u podnóża skarpy. Jest to typowy gatunek łąkowy, znajdujący na polach, rzadziej w lasach [Strenzke 1952]. Według Weigmanna i Kratza [1982] występuje na świeżych łąkach i pastwiskach, powierzchniach ruderalnych oraz lasach. Preferuje wyższe pH w siedliskach i nie występuje w glebach inicjalnych [Moritz 1963]. *Punctoribates punctum* optymalne warunki znajduje w średnio wilgotnych ekosystemach, a jego liczebność maleje po zastosowaniu nawadniania [Rajski 1968]. Seniczak i in. [2005] stwierdzili wzrost liczebności tego gatunku wraz ze wzrostem koncentracji azotu na łąkach nawadnianych wodą amoniakalną.

Mechowce z rodzaju *Brachychthonius* licznie wystąpiły na stoku skarpy, natomiast u jej szczytu i podstawy były nieliczne. Mechowce te zwykle preferują gleby zawierające rozdrobnione frakcje substancji organicznej [Niedbała 1980].

Eupelops occultus najliczniej wystąpił na płaskiej powierzchni u podnóża skarpy. Gatunek ten traktowany jest jako charakterystyczny dla gleb łąkowych [Strenzke 1952, Rajski 1968]. Preferuje gleby nieznacznie kwaśne i wykazuje plastyczność względem wilgotności gleby, lecz generalnie unika suchych środowisk. Weigmann i Kratz [1982] uważają ten gatunek jako charakterystyczny dla świeżych i wilgotnych łąk i pastwisk. Wykazano występowanie *Eupelops occultus* na pastwiskach w Dolinie Noteci, a także pastwiskach Norwegii [Chachaj i Seniczak 2005 a, b, Seniczak i in. 2007]. Seniczak i in. [1993] stwierdzili jego wrażliwość na aerozole i ścieki chemiczne na łąkach.

Tectocephus velatus liczniej wystąpił na powierzchniach z krzewami niż na powierzchniach bez krzewów. Jest to pospolity gatunek występujący w różnych biotopach, również poza glebą [Rajski 1961]. Licznie występuje w kwaśnej próchnicy nadkładowej borów sosnowych, w zadrzewieniach śródpolnych [Seniczak i in. 1991, 1996] i ekosystemach trawiastych [Seniczak i in. 1993]. Odnotowano go także na hałdach i terenach rekultywowanych [Klimek i in. 1991]. *Tectocephus velatus* toleruje gleby o dużej zawartości wody, gleby skrajnie suche i solniska [Rajski 1961, 1968].

Na wytypowanych do badań powierzchniach rezerwatu Skarpy Ślesińskiej licznie występują taksony mechowców często spotykane w zbiorowiskach trawiastych: *Liebstadia humerata*, *Punctoribates punctum*, *Brachychthonius* sp., *Eupelops occultus* i *Tectocephus velatus*.

Fauna edaficzna wywiera istotny wpływ na tworzenie równowagi pomiędzy uwalnianiem i unieruchamianiem biogenów w glebie, zarówno ekosystemów naturalnych, jak i agroekosystemów. Rezerwat może przyczyniać się do odbudowy zaburzonych populacji edafonu na okalających go terenach uprawnych, ale narażony jest też na uboczne oddziaływanie agrotechniki.

Wykonywane na tym terenie zabiegi ochrony czynnej spełniają zaplanowane funkcje, utrzymując siedlisko łąkowe. Jednak aby potwierdzić ostatecznie ich skuteczność, konieczne byłoby przeanalizowanie także innych niż Oribatida grup roztoczy oraz dogłębna fitosocjologiczna analiza populacji zbiorowisk roślinnych.

LITERATURA

- Barańska K., Jermaczek A., 2008. Poradnik utrzymania i ochrony siedliska przyrodniczego 6210 – Murawy kserotermiczne. KP Świebodzin.
- Berthet P., 1963. Mesure de la consommation d'oxygène des Oribatides (Acatines) de la litière des forêts, in Soil Organisms. North Holland Pub. Co. Amsterdam.
- Boczek J., Błaszak C., 2005. Roztocze (Acari): znaczenie w życiu i gospodarce człowieka. Wyd. SGGW Warszawa.
- Bukowski G., 2008. Wpływ realizacji zieleni urządzonej w obszarze przemysłowym na strukturę populacji roztoczy (Acari) glebowych. [W:] Fauna miast. Ochronić różnorodność biologiczną w miastach, red. P. Indykiewicz, L. Jerzak, T. Barczak, SAR „Pomorze” Bydgoszcz.
- Bukowski G., Chachaj B., 2008. Wstępne obserwacje nad różnorodnością gatunkową mechowców (Acari, Oribatida) zbiorowisk łąkowych i ruderalnych dzielnicy Oplawiec w Bydgoszczy. Fauna miast. Ochronić różnorodność biologiczną w miastach, red. P. Indykiewicz, L. Jerzak, T. Barczak, SAR „Pomorze” Bydgoszcz.
- Ceynowa M., 1968. Zbiorowiska roślinności kserotermicznej nad Dolną Wisłą. Studia Soc. Scient. Toruniensis, Botanica VIII(4)D, 27-38.
- Ceynowa-Gieldon M., 1991. Projektowany rezerwat stepowy Skarpy Ślesińskiej.

- Chachaj B., Seniczak S., 2005a. Dynamika liczebności roztoczy (Acari) na łąkach i pastwiskach z analizą gatunkową mechowców (Oribatida). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 35, 69-78.
- Chachaj B., Seniczak S., 2005b. The influence of sheep, cattle and horse grazing on soil mites (Acari) of lowland meadows. *Folia biologica* (Kraków) 531, 127-132.
- Kinnear A., Tongway D., 2004. Grazing impacts on soil mites of semi-arid chenopod shrublands in Western Australia. *J. Arid Envir.* 56(1), 63-82.
- Klimek A., 2000. Wpływ zanieczyszczeń emitowanych przez wybrane zakłady przemysłowe na roztocze (Acari) glebowe młodników sosnowych, ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (Oribatida). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rozprawy 99.
- Klimek A., Seniczak S., Żelazna E., Dąbrowska B., 1991. Akarofauna (Acari) skarp osadników produktów odpadowych Janikowskich Zakładów Sodowych. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 22, 111-119.
- Komendarczyk A., 1993. Dokumentacja projektowanego rezerwatu stepowego Skarpy Ślesieńskie położonego w gminie Nakło nad Notecią w woj. bydgoskim wg stanu na 1993-01-01. Wojewódzki Konserwator Przyrody Bydgoszcz.
- Kondracki J., 1998. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Leatham J.W., Milchunas D.G., 1985. The composition and distribution of soil microarthropods in the shortgrass steppe in relation to the soil water, root biomass and grazing by cattle. *Pedobiologia* 28(5), 311-325.
- Matuszkiewicz W., 2007. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Moritz M., 1963. Über Oribatidengem einschaften (Acari, Oribatei) norddeutscher Laubwaldböden, unter besonderer Berücksichtigung der die Verteilung regelnden Milieubedingungen. *Pedobiologia* 3, 142-243.
- Niedbała W., 1980. Mechowce – roztocze ekosystemów lądowych. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Perzanowska J., Kujawa-Pawlaczyk J., 2004. Murawy kserotermiczne Festuco-Brometea. [W:] Murawy, łąki, ziołorośla, wrzosowiska, zarośla. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny. T. 3, red. J. Herbich. Ministerstwo Środowiska Warszawa.
- Petersen H., 1982. Structure and size of soil animal population. *Oikos* 39(3), 306-309.
- Piernik A., 2008. Metody numeryczne w ekologii. Wyd. Nauk. UMK Toruń.
- Rajski A., 1961. Studium ekologiczno-faunistyczne nad mechowcami (Acari, Oribatei) w kilku zespołach roślinnych. Cz. 1: Ekologia. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk. Pr. Kom. Biol. 25(2), Wyd. Nauk. PWN Poznań.
- Rajski A., 1968. Analiza autekologiczno-zoogeograficzna mechowców (Acari, Oribatei) na przykładzie fauny okolic Poznania. Wydaw. Uczeln. WSR w Szczecinie, Rozprawy 10.
- Seniczak S., 1978. Stadia młodociane mechowców (Acari, Oribatei) jako istotny składnik zgrupowań tych roztoczy przetwarzających glebową substancję organiczną. Rozprawy UMK Toruń.
- Seniczak S., Chachaj B., Wasińska B., Graczyk R., 2005. Wpływ nawożenia łąki wodą amoniakalną na dynamikę sezonową roztoczy glebowych (Acari). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 35, 27-35.
- Seniczak S., Dąbrowski J., Dąbrowska H., Gackowski G., 1993. Wpływ aerozoli ścięć pochodzących z Zakładów Chemicznych „Organika Zachem” w Bydgoszczy na akarofaunę łąkową, ze szczególnym uwzględnieniem Oribatida (Acari). Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 23, 121-132.
- Seniczak S., Gulvik M.E., Seniczak A., Chachaj B., 2007. The soil Oribatida (Acari) of wooded hay meadow in Norway. *Contributions to Soil Zoology in Central Europe II*, eds. K. Tajovsky, J. Schlaghamarsky, V. Pizl., České Budějovice, 139-142.
- Seniczak S., Kaczmarek S., Klimek A., 1991. Akarofauna glebowa (Acari) wybranych zadrzewień śródpolnych Turwi. I. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 19, 111-123.

-
- Seniczak S., Kaczmarek S., Ratyńska H., Seniczak A., 1996. Akarofauna (Acari) glebowa strefy ekotonowej pomiędzy zadrzewieniem śródpolnym a łąką w krajobrazie rolniczym okolic Turwi. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 28, 121-132.
- Stanisz A., 2006a. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny 1. Statystyki podstawowe. StatSoft Polska Kraków.
- Stanisz A., 2006b. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny 2. Modele liniowe i nieliniowe. StatSoft Polska Kraków.
- Strenzke K., 1952. Untersuchungen über die Tiergemeinschaften des Bodens: Die Oribatiden und ihre Synusien in den Böden Norddeutschlands. Zoologica 104, 1-173.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, 2000. Urząd Gminy Nakło nad Notecią.
- Weigmann G., Kratz W., 1982. Die deutschen Hornmilbenarten und ihre ökologische Charakteristik. Zool. Beitr. 27, 459-489.

UWARUNKOWANIA PRODUKCJI PASZ NA ŁĄKACH UŻYTKOWANYCH WEDŁUG ZASAD PROGRAMU ROLNOŚRODOWISKOWEGO P01B

Romuald Dembek, Janusz Nowak, Małgorzata Zimmer-Grajewska

Katedra Łąkarstwa
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

W Polsce w pierwszej dekadzie bieżącego stulecia odnotowano ponad 9% spadek powierzchni użytków rolnych. Według danych GUS z 2010 roku, powierzchnia łąk pozostała na stabilnym poziomie i w latach 2000-2009 zmalała zaledwie o 1,6% z około 2,50 do 2,46 miliona hektarów, natomiast powierzchnia pastwisk zmniejszyła się o prawie 48% z 1,37 do 0,72 miliona ha.

Wśród licznych przyczyn tak dużych zmian obszarowych wymienić można czynnik ekonomiczny związany z subwencjami udzielanymi rolnikom w Unii Europejskiej. Na tle różnych form dofinansowania sektora rolniczego, szczególnie korzystne były i nadal pozostają dopłaty do łąk trwałych, pozwalające na łączenie subwencji bezpośrednich i pośrednich w ramach dyrektywy ptasiej i siedliskowej, zwłaszcza na obszarach priorytetowych, w tym zakwalifikowanych do Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000.

Ochronie środowiska przyrodniczego i krajobrazu mają służyć dopłaty do łąk ekstensywnie użytkowanych zarówno jedno-, jak i dwukośnych. Zwłaszcza dwukrotny zbiór wydaje się sprzyjać stabilizacji wielogatunkowej runi typowej dla krajowych łąk ekstensywnych, a jednocześnie umożliwia zachowanie ich funkcji paszowej. Wymagania stawiane dla półnaturalnych łąk dwukośnych w wariancie P01b obejmowały w latach prowadzenia badań, między innymi zakazy: dosiewania nasion, stosowania nawozów (w uzasadnionych przypadkach dopuszcza się wapnowanie i ograniczone nawożenie azotem do $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), wstawiania gleb organogenicznych oraz wprowadzania, dotychczas rzadko stosowany w krajowej praktyce łąkarskiej, wymóg koszenia pierwszego odrostu po 1 lipca. Wariant ten przewidziany jest do stosowania na półnaturalnych, bogatych pod względem florystycznym i faunistycznym żyznych łąkach nizinnych i górskich na siedliskach świeżych i wilgotnych.

Celem pracy była ocena zmian florystycznych, poziomu plonowania i jakości paszowej runi łąkowej, zachodzących pod wpływem użytkowania zalecanego w programach rolnośrodowiskowych dla półnaturalnych łąk dwukośnych (wariant P01b).

MATERIAŁY I METODY

Badania realizowano w latach 2006-2009 na łąkach należących do Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Minikowie. Kompleks o powierzchni 260 ha położony jest na obszarze objętym programem Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000 w centralnej części Doliny Kanału Bydgoskiego, która stanowi wschodni kraniec Doliny Noteci. Objęte badaniami łąki zostały założone na zmeliorowanym torfowisku, które powstało na skutek zamulenia i zarośnięcia jeziora, czego dowodem jest duży pokład gytii wapiennej występującej na całej szerokości doliny pod warstwą torfu, którego miąższość

waha się od niespełna 2 do ponad 5 metrów [Łyszczarz i Suś 2009]. Łąki te były w przeszłości i są obecnie ważnym obiektem badawczym, zarówno w aspekcie zachodzących zmian siedliskowych, florystycznych, jak i potencjału plonotwórczego [Rogulski 1961, Łyszczarz i Dembek 2006, Łyszczarz i wsp. 2006, Łyszczarz i in. 2009].

Badania florystyczne, ocenę plonowania i jakości runi prowadzono w środkowej i południowej części kompleksu na powierzchni 158 ha podzielonej siecią rowów melioracyjnych na 17 kwater. Łąki te zostały objęte dopłatami w ramach pakietu – utrzymanie łąk ekstensywnych, wariant P01b (łąki dwukośne, ekstensywnie użytkowane, występujące na siedliskach świeżych i wilgotnych, zaliczane do grupy łąk rajgrasowych i kaczęncowych). Wcześniejsze, wieloletnie użytkowanie tych powierzchni było podobne do wymaganego programem. Od wielu lat nie stosowano na nich nawożenia, koszone były dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym. Pierwszy pokos, z przeznaczeniem na siano, przeprowadzano zazwyczaj w pierwszej lub drugiej dekadzie czerwca, drugi w pierwszej połowie września.

Skład botaniczny runi oceniano na 41 płatach roślinnych, o powierzchni około 200 m² po 2 lub 3 na każdej z kwater. Udział gatunków tworzących plon rolniczy określano, opisaną przez Filipka [1983], metodą szacunkową odnoszącą się do udziału komponentów w plonie suchej masy. W pracy przedstawiono średni dla całego kompleksu skład runi z wyszczególnieniem wybranych gatunków, pełniących ważną rolę w kształtowaniu jakości runi.

Na podstawie składu botanicznego runi i liczb wskaźnikowych roślin naczyniowych Polski zaproponowanych przez Zarzyckiego i in. [2002] obliczono wskaźniki wilgotności siedliska (W), troficzności (Tr) i kwasowości gleby.

Plony na każdym z wybranych płatów roślinnych oceniono na podstawie próbek runi pobieranych każdorazowo z czterech ramek o powierzchni 0,5 m² (łącznie 2 m²).

Syntetyczną ocenę jakości użytkowej zbiorowisk łąkowych wykonano wykorzystując liczby wartości użytkowej (Lwu) [Filipek 1973]. Dla kilku gatunków, nie ujętych w wykazie, przydzielono liczby wartości użytkowej roślin pokrewnych botanicznie o dużym podobieństwie morfologicznym. I tak na przykład *Ostericum palustre* waloryzowano na poziomie 2 podobnie jak *Angelica sylvestris*. Pozostałe, nie ujęte na listach Lwu gatunki występowały w niewielkich ilościach, zatem przyjęte na podobnej zasadzie wartości nie miały decydującego wpływu na ogólną ocenę płatów roślinnych.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Pomimo hydrogenicznego pochodzenia gleb w dolinie Kanału Bydgoskiego i depresyjnego położenia łąk w stosunku do poziomu kanału [Łyszczarz i Suś 2009], ważną rolę w kształtowaniu składu florystycznego, jak i plonów odgrywały warunki meteorologiczne, w tym głównie poziom i rozkład opadów w sezonie wegetacyjnym. Na podstawie danych punktu meteorologicznego ODR w Minikowie należy uznać, że omawiany rejon charakteryzuje się bardzo małą sumą opadów w sezonie wegetacyjnym wynoszącą poniżej 310 mm (tab. 1).

Pośrednio na zmiany botaniczne i plonowanie łąk miał wpływ przebieg pogody w roku poprzedzającym rozpoczęcie badań. Poziom opadów w sezonie wegetacyjnym w 2005 roku osiągnął 245,6 mm, a zatem niedobory wyliczane w stosunku do opadów optymalnych wyniosły około 175 mm [Grabarczyk 1975]. Od początku października 2005 roku do końca marca 2006 roku spadło 159,4 mm opadów, które częściowo zniwelowały wcześniejszy brak wilgoci. W dwóch pierwszych latach badań występowały

niewielkie okresowe niedobory opadów. W 2006 roku dotyczyły one głównie czerwca i lipca, a więc miesięcy formowania plonów pierwszego pokosu, jak i początków odrastania drugiego. Niedobór opadów dodatkowo pogłębiały wysokie temperatury, zwłaszcza w lipcu. W kolejnym półroczu letnim intensywne opady notowane w czerwcu i lipcu utrudniły zbiór pierwszego odrostu, natomiast późniejszy ich niedobór ograniczył odrost drugiego. W dwóch następnych latach poziom opadów był zdecydowanie zbyt niski. Największy deficyt opadów w sezonie wegetacyjnym wystąpił w 2008 roku. W pierwszej połowie roku był on częściowo łagodzony przez dużą ilość wilgoci retencjonowanej z okresu zimy. Do końca marca spadło w tym rejonie 192,9 mm opadów, które łącznie z bieżącymi pokrywały potrzeby runi w okresie narastania plonu pierwszego pokosu. W sezonie wegetacyjnym ostatniego roku badań pogłębiały się niedobory opadów. Bezdeszczowy i bardzo ciepły kwiecień i śladowe opady w pierwszych dwóch dekadach maja wpłynęły na początkowy wzrost i rozwój roślin. Kolejnym miesiącem o niekorzystnych dla traw warunkach termicznych i opadowych był sierpień.

Tabela 1. Warunki pogodowe w latach badań

Rok	Miesiąc							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX	I-XII
Temperatura [°C]								
2006	7,7	12,4	17,1	21,0	17,0	16,3	15,3	8,7
2007	8,7	14,2	18,0	17,5	17,9	13,1	14,9	9,2
2008	7,8	12,8	16,3	17,9	17,3	12,9	14,2	9,1
2009	10,1	12,7	14,8	17,8	18,5	14,3	14,7	8,3
1949-2009	7,4	12,7	16,2	17,7	17,3	13,4	14,1	7,9
Opady [mm]								
2006	66,0	58,8	22,7	46,1	112,9	50,5	357,0	496,3
2007	18,7	70,4	99,8	105,9	45,5	31,0	371,3	603,1
2008	27,3	11,4	21,0	59,7	95,5	22,2	237,1	467,0
2009	0,4	73,7	55,9	81,5	8,9	32,9	253,3	476,9
1949-2009	29,5	47,5	55,2	77,2	57,1	43,1	309,5	506,8
Niedobór (-) lub nadmiar opadów w stosunku do opadów optymalnych								
2006	16,0	-6,2	-57,3	-43,9	32,9	-4,5	-63,0	
2007	-31,3	5,4	19,8	15,9	-34,5	-24,0	-48,7	
2008	-22,7	-53,6	-59,0	-30,3	15,5	-32,8	-182,9	
2009	-49,6	8,7	-24,1	-8,5	-71,1	-22,1	-166,7	
1949-2009	-20,5	-17,5	-24,8	-12,8	-22,9	-11,9	-110,4	

W runi stwierdzono występowanie 109 gatunków roślin naczyniowych tworzących plon rolniczy, w tym 19 gatunków traw, 7 motylkowatych, 18 turzycowatych i sitowatych oraz 65 z innych rodzin botanicznych. Były to głównie rośliny dwuliścienne, wśród których występowały dwa gatunki chronione: *Ostericum palustre* i *Dactylorhiza incarnata*.

Komponenty runi tworzące plon rolniczy pogrupowano w zależności od wartości syntetycznych wskaźników wartości użytkowej zaproponowanych przez Filipka [1973]. Grupę najwartościowszych roślin stanowiło 13 gatunków, w tym oprócz wymienionych w tabeli 2, występujące w niewielkich ilościach trawy i roślin motylkowate: *Lolium perenne*, *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium pratense* i *Lotus corniculatus*. Udział

tej grupy w kolejnych latach wzrastał głównie z powodu wzrastającej ilości *Poa pratensis*. Gatunek ten, zaliczany do fenologicznie najwcześniejszych traw, w okresie zbioru pierwszego pokosu po 1 lipca (wymagania PROW 2004-2006), zazwyczaj zasychał po wykształceniu nasion. Z tego względu, pomimo wysokich wartości Lwu nie wpływał na poprawę jakości pozyskiwanej zielonki. Jak wynika z badań Stańko-Bródkowej [1971] i Pawlaka [1992] zbiór traw po okresie kłoszenia obniża nie tylko jakość, ale również plon zielonki. Pomimo wprowadzonej wraz z PROW 2007-2013 zmianie, pozwalającej na koszenie pierwszego odrostu po 15 czerwca, dwie dominujące w tym zbiorowisku fenologicznie wczesne trawy uprawne *Poa pratensis* i *Festuca rubra* mają znacznie obniżoną wartość żywieniową.

Tabela 2. Udział najliczniej występujących gatunków według liczb wartości użytkowej (Lwu), [%]

Lwu	Gatunek	Rok				Średnia
		2006	2007	2008	2009	
9-10	<i>Festuca pratensis</i>	0,11	0,02	0,02	0,05	0,05
	<i>Phleum pratense</i>	0,18	0,05	0,06	0,06	0,09
	<i>Poa pratensis</i>	5,56	7,09	8,07	8,29	7,25
	<i>Alopecurus pratensis</i>	0,41	0,10	0,12	0,02	0,16
	<i>Agrostis gigantea</i>	0,38	1,70	1,60	0,34	1,00
	<i>Trifolium repens</i>	0,19	0,22	0,39	0,12	0,23
	<i>Trifolium hybridum</i>	0,05	0,03	0,13	0,01	0,06
	<i>Lotus uliginosus</i>	0,42	0,40	0,30	0,15	0,32
	Inne (5 gatunków)	0,32	0,11	0,13	0,05	0,15
	Razem	7,62	9,72	10,83	9,08	9,31
7-8	<i>Phalaris arundinacea</i>	2,38	2,48	2,48	1,42	2,19
	<i>Poa trivialis</i>	1,88	2,37	1,37	0,21	1,46
	<i>Medicago lupulina</i>	0,53	0,67	0,48	0,57	0,56
	<i>Plantago lanceolata</i>	1,25	1,19	1,13	4,65	2,05
	<i>Leontodon autumnalis</i>	0,13	0,08	0,04	0,00	0,06
	Inne (2 gatunki)	0,64	0,19	0,13	0,00	0,24
	Razem	6,80	6,98	5,63	6,85	6,57
5-6	<i>Festuca arundinacea</i>	2,00	2,52	2,52	2,46	2,38
	<i>Festuca rubra</i>	16,11	12,52	12,19	13,01	13,46
	<i>Agrostis stolonifera</i>	3,94	1,83	1,83	0,22	1,95
	<i>Holcus lanatus</i>	4,50	5,09	7,09	10,23	6,73
	<i>Vicia cracca</i>	0,25	0,05	0,07	0,05	0,10
	<i>Heracleum sphondylium</i>	0,75	0,75	0,86	0,81	0,79
	<i>Taraxacum officinale</i>	0,75	0,95	0,73	0,41	0,71
	<i>Achillea millefolium</i>	1,69	1,67	1,65	1,45	1,61
	Inne (3 gatunki)	0,28	0,21	0,11	0,07	0,17
	Razem	30,27	25,59	27,04	28,71	27,90
3-4	<i>Cirsium oleraceum</i>	2,76	3,05	2,98	2,23	2,75
	<i>Filipendula ulmaria</i>	0,26	0,23	0,30	0,14	0,23
	<i>Rumex acetosa</i>	1,32	1,18	1,07	1,29	1,22
	<i>Sonchus arvensis</i>	0,56	0,87	0,76	0,52	0,68
	<i>Galium mollugo</i>	2,56	2,76	2,00	2,86	2,55
	<i>Galium verum</i>	0,51	0,28	0,21	0,42	0,36
	<i>Melandrium album</i>	0,54	0,73	0,52	0,89	0,67
	Inne (9 gatunków)	1,13	1,18	0,65	1,14	1,03
	Razem	9,64	10,28	8,49	9,48	9,47

cd. tabeli 2

1-2	<i>Deschampsia caespitosa</i>	12,68	10,68	9,90	8,23	10,37
	<i>Carex gracilis</i>	4,62	4,27	4,37	4,56	4,46
	<i>Carex acutiformis</i>	3,94	3,28	3,08	2,77	3,27
	<i>Carex disticha</i>	2,53	1,96	1,02	1,07	1,65
	<i>Carex nigra</i>	5,06	7,48	9,48	9,01	7,76
	<i>Carex hirta</i>	1,13	2,48	2,48	2,47	2,14
	<i>Scirpus sylvaticus</i>	0,13	0,46	0,61	0,69	0,47
	<i>Juncus articulatus</i>	0,19	1,02	1,26	0,25	0,68
	<i>Angelica sylvestris</i>	0,44	0,36	0,28	0,62	0,42
	<i>Ostericum palustre</i>	0,72	0,75	0,78	1,33	0,89
	<i>Ranunculus repens</i>	1,44	1,99	2,54	1,17	1,79
	<i>Ranunculus acris</i>	0,81	1,30	1,69	1,44	1,31
	<i>Lythrum salicaria</i>	1,16	1,18	1,30	1,19	1,21
	<i>Urtica dioica</i>	1,07	0,83	0,78	1,87	1,14
	<i>Potentilla anserina</i>	1,73	1,67	1,49	1,95	1,71
	<i>Rhinanthus angustifolius</i>	0,02	0,03	0,07	0,31	0,11
	<i>Odontites serotina</i>	0,38	0,27	0,17	0,28	0,27
	<i>Epilobium parviflorum</i>	0,13	0,53	0,93	1,07	0,66
	<i>Plantago major</i>	0,44	0,66	0,89	0,53	0,63
	Inne (31 gatunków)	3,75	4,72	4,64	3,96	4,27
	Razem	42,35	44,74	45,95	43,18	44,05
0-(-3)	<i>Mentha arvensis</i>	1,05	1,10	0,96	1,23	1,08
	<i>Cardaminopsis arenosa</i>	0,97	0,87	0,37	0,58	0,70
	<i>Equisetum limosum</i>	0,88	0,44	0,49	0,49	0,57
	Inne (9 gatunków)	0,43	0,28	0,25	0,40	0,34
	Razem	3,33	2,69	2,07	2,70	2,69
Liczby wartości użytkowej (Lwu)		3,46 (1,7-4,5)	3,37 (1,9-4,6)	3,93 (2,1-5,8)	3,56 (1,1-5,7)	3,58
Wskaźnik wilgotności gleby (W)		3,69 (3,3-4,8)	3,82 (3,4-4,5)	3,87 (3,4-4,5)	3,80 (3,3-4,5)	3,80
Wskaźnik trofizmu (Tr)		3,66 (3,4-3,9)	3,65 (3,4-3,9)	3,65 (3,4-3,9)	3,63 (3,4-3,9)	3,65
Wskaźnik kwasowości gleby (R)		3,94 (3,8-4,0)	3,94 (3,7-4,0)	3,92 (3,7-4,1)	3,91 (3,6-4,2)	3,93

Opóźniony termin pierwszego pokosu sprzyjał natomiast osiągnięciu optymalnej do koszenia fazy rozwojowej przez *Agrostis gigantea*, która jako najpóźniejsza fenologicznie trawa uprawna występowała w większych ilościach w latach następnych po okresach dobrego uwilgotnienia łąk. Gatunek ten, wydaje się perspektywicznie wartościowym komponentem siedliska, jednak jako typowy dla stanowisk aluwialnych wymaga gleb zasobnych w składniki pokarmowe. Wymagane programem P01b zaniechanie lub znaczne zmniejszenie nawożenia ogranicza występowanie tego wartościowego komponentu runi. Podobne tendencje są zauważalne w rozprzestrzenianiu się *Phalaris*

arundinacea. Wykazuje ona ponadto większe uzależnienie od uwilgotnienia siedliska i ustępuje po okresach posusznych.

Udział roślin motylkowych był niewielki i dodatkowo malał w kolejnych latach z około 1,6 do 0,9%. Grupa ta reprezentowana była głównie przez *Lotus uliginosus* i *Medicago lupulina* – dwa gatunki o odmiennych wymaganiach wilgotnościowych wskazujące na dość dużą zmienność uwilgotnienia siedliska.

Grupę najwartościowszych gatunków uzupełniały cenne zioła pastewne, które występując w umiarkowanych ilościach uzyskują od 6 do 7 punktów Lwu. W ostatnim roku badań stwierdzono znaczący wzrost udziału *Plantago lanceolata*. Według Majdy i in. [2007] gatunek ten, dzięki produkcji nasion, charakteryzuje się dużą przeżywalnością w różnych zbiorowiskach, w tym również ruderalnych. Na badanych łąkach wykazywał on dużą konkurencyjność, zwłaszcza w okresach posusznych, wypełniając luki po ustępujących gatunkach wilgociolubnych. Łącznie 20 najwartościowszych gatunków traw, roślin motylkowatych i ziół pastewnych (w przedziale od 7 do 10 punktów Lwu) w kolejnych latach stanowiło od około 14,5 do 16,7% runi.

Skupiająca zaledwie 11 gatunków grupa oceniana od 5 do 6 punktów w skali liczb wartości użytkowej stanowiła średnio prawie 28% plonu rolniczego. Dominującym i stosunkowo stabilnym gatunkiem była *Festuca rubra*. Ze względu na cechy fenologiczne plon pierwszego pokosu stanowiły przeważnie zaschnięte pędy kwiatostanowe. Małą zmiennością w kolejnych latach charakteryzował się również udział *Festuca arundinacea*. Gatunkami odmiennie reagującymi na warunki siedliskowe i użytkowanie były: ustępująca z runi *Agrostis stolonifera* i intensywnie rozrastający się, zwłaszcza na powierzchniach przesychających o zaawansowanym procesie murszenia, *Holcus lanatus*. Ponad dwukrotny wzrost udziału *Holcu lanatus* może wynikać zarówno z niedostatecznego poziomu opadów, jak i braku wałowania, które nie zapobiega mineralizacji gleby torfowej rozwarstwionej w efekcie zjawisk mrozowych.

Przeważające licznie i procentowo w strukturze plonu były gatunki o niskiej wartości użytkowej. Najpowszechniej i najliczniej występował bardzo negatywnie oceniany pod względem paszowym *Deschampsia caespitosa*, który ustępował z badanych łąk zwłaszcza na powierzchniach przesychających. W tej grupie występuje również 12 gatunków turzyc, wśród których najliczniej notowano *Carex nigra*. Większość z nich rozrasta się w obniżeniach terenowych, zapewniających większą wilgotność wierzchniej warstwy gleby. Z kolei wzrastający udział *Carex hirta* może być oznaką procesów przesychania, tym bardziej, że turzyca ta często rozprzestrzeniała się na obrzeżach zbiorowisk zdominowanych przez *Holcus lanatus*.

Gatunkiem priorytetowym dla badanego kompleksu, jak również okolicznych łąk, jest *Ostericum palustre*. Pomimo, że jak twierdzi Krasicka-Korczyńska [2008] wymagany ustawowo termin koszenia po 1 lipca nie sprzyja rozmnażaniu generatywnemu, udział tego gatunku w kolejnych latach wzrastał z 0,72 do 1,33% i średnio wyniósł 0,89%.

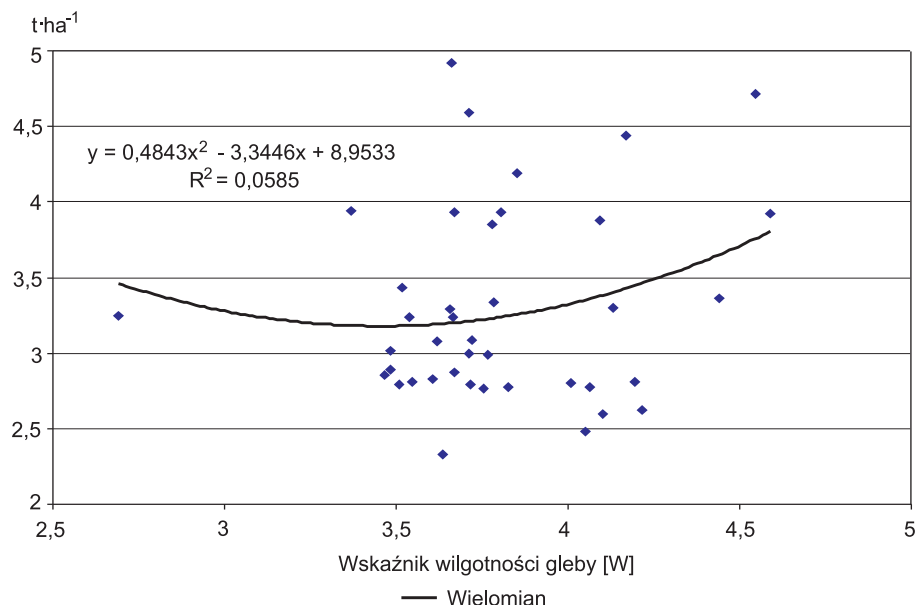
W runi stwierdzono również 7 gatunków szkodliwych dla zwierząt, których wartości Lwu były ujemne. Oprócz: *Cardaminopsis arenosa* i *Equisetum limosum* (wymienionych w tabeli 2) w mniejszych ilościach występowały: *Triglochin palustris*, *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Eupatorium cannabinum* i *Equisetum fluviatile*.

Syntetyczne wskaźniki jakości runi wskazują, że zgodnie z klasyfikacją Filipka [1973], średnie wartości mieszczą się w dolnych przedziałach łąk miernych. Runi taką można wykorzystywać w żywieniu bydła opasowego bądź prymitywnych ras bydła lub koni. Należy jednak liczyć się z małą efektywnością takiej produkcji.

Odrębny problem stanowi wykorzystanie paszowe runi zebranej z powierzchni zdominowanych przez gatunki niskowartościowe i szkodliwe. Na części wśród 41 ocenianych powierzchni wskaźniki Lwu były zdecydowanie niższe od 3,0. Część pasz produkowanych na badanych łąkach ma tylko wartość ściółkową, a wykorzystywana w żywieniu może powodować problemy zdrowotne zwierząt.

Skład runi posłużył również do oszacowania wilgotności siedliska na podstawie ekologicznych liczb wskaźnikowych Zarzyckiego i in. [2002]. Pomimo dość dużej zmienności pojedynczych obliczeń (od 3,3 do 4,8), które klasyfikują gleby w przedziale wilgotnych i świeżych, uśrednione wartości wskaźników wilgotności w kolejnych latach badań wskazują na podatność siedliska na przesychania. W składzie runi uwidacznia się ono z rocznym opóźnieniem o czym świadczy najniższa wartość tego wskaźnika w pierwszym roku badań, wynikająca z niedoborowej ilości opadów w latach 2003-2005, (odpowiednio 159, 278 i 246 mm). Tendencję wzrostową obserwowano w 2008 roku, który przypadał po stosunkowo dużych opadach w latach 2006-2007. Zmiany te świadczą o dość szybkiej reakcji roślinności łąkowej na czynnik wodny. Średnie wartości wskaźników trofizmu i kwasowości gleby wykazywały niewielkie zróżnicowanie, co należy tłumaczyć zaledwie czteroletnim okresem badań oraz wieloletnim ustabilizowanym gospodarowaniem na tych łąkach.

Różnice plonów w czteroletnim okresie badań, dochodzące do $1,49 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, wskazują na znaczący wpływ warunków wilgotnościowych kształtowanych przez opady w okresie tworzenia plonu. Średnie plony uzyskane w badaniach nieznacznie przekraczające $3,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ należy uznać za mało satysfakcjonujące (rys. 1).



Rys. 1. Plony suchej masy [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]

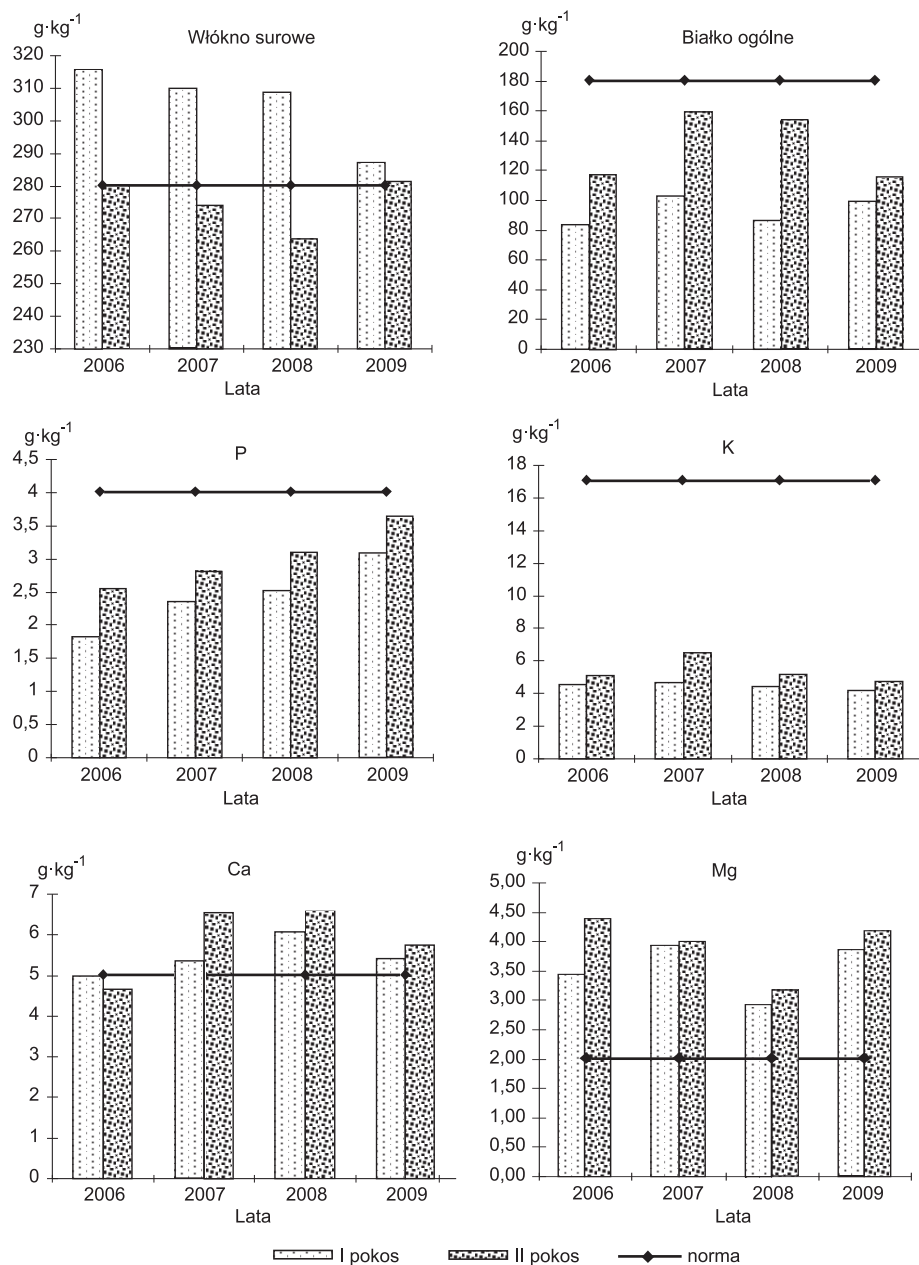
Z badań Łyszczarza i in. [2010] wynika, że naturalna produktywność tych łąk (bez nawożenia) wynosi około $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast nawożonych fosforem i potasem wzrasta do prawie $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a dodatkowe zastosowanie 60 kg azotu zwiększa plon do $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Największe plony roczne uzyskane w badaniach własnych w 2006 roku w dużej mierze były pochodną opadów, które sprzyjały narastaniu drugiego odrostu. Na wysoki plon pierwszego odrostu w 2008 roku wpłynęło dobre zaopatrzenie gleby w wodę, pochodzącą z opadów z okresu od stycznia do końca marca (96 mm). Wśród przyczyn dużych różnic pomiędzy wielkością pierwszego a drugiego odrostu w latach 2007-2009, należy wymienić opóźnione nawet o kilka tygodni koszenie pierwszego pokosu powodowane opadami w lipcu i sierpniu. W efekcie krótszy był okres tworzenia plonów drugiego pokosu. W ostatnim roku badań dodatkowym czynnikiem ograniczającym plony był prawie całkowity brak opadów w sierpniu i znaczny ich niedobór we wrześniu.

Podstawowym czynnikiem wpływającym na jakość zielonki jest faza rozwojowa dominujących roślin tworzących plon rolniczy, głównie traw. Jedynie występująca w niewielkich ilościach i zanikająca w okresach posusznych *Agrostis gigantea* osiągała fazę kłoszenia na przełomie czerwca i lipca. Wszystkie pozostałe trawy, włącznie z fenologicznie późnymi, takimi jak *Phalaris arundinacea* i *Deshampsia caespitosa*, w okresie zezwalającym na rozpoczęcie koszenia łąk osiągały fazę tworzenia nasion. Pozostałe gatunki miały w pełni dojrzałe ziarniaki lub już je osypały. W takich warunkach parametry paszowe, nawet dobrych traw pastewnych są znikome [Stańko-Bródkowa 1971, Pawlak 1992].

Zawartość białka ogólnego i włókna surowego w runi pierwszego pokosu przedstawiona na rysunku 2 odbiegała od powszechnie przyjętych norm żywieniowych [Choromański i Choromańska 1991, Antoniewicz i Żebrowska 1997]. Drugi odrost charakteryzował się większą zawartością białka ogólnego i mniejszą włókna, zwłaszcza w latach 2007 i 2008, w których przyrost runi następował w niższych temperaturach powietrza.

Niezwykle mała koncentracja potasu w runi, która według Falkowskiego i in. [2000] zaledwie w połowie pokrywała potrzeby żywieniowe zwierząt wskazuje na znaczną trudność w pobieraniu tego składnika przez rośliny. Problem ten może wynikać co najmniej z dwóch przyczyn. Jedną jest bardzo mała zasobność gleby w potas i fosfor [Łyszczarz i Dembek 2006], drugą wieloletnie zaniechanie nawożenia. W konsekwencji prawdopodobnie niedobór potasu jest jednym z głównych powodów niskiego plonowania badanych łąk i rozprzestrzeniania się gatunków tolerujących niską jego koncentrację, do których zaliczana jest, między innymi *Festuca rubra*. Z badań prowadzonych na przyległych łąkach [Łyszczarz i in. 2010] wynika, że nawożenie fosforowo-potasowe jest czynnikiem nie tylko zwiększającym plony, ale również poprawiającym jakość paszy i ograniczającym zachwaszczenie trawami niepastewnymi oraz gatunkami dwuliściennymi. Podobnie niewystarczająca, zwłaszcza w stosunku do potrzeb bydła mlecznego, okazała się koncentracja fosforu pomimo stosunkowo wysokiej zasobności gleby. Z badań gleb przytaczanych przez Łyszczarza i Dembka [2006] wynika, że wysoka koncentracja wapnia i magnezu może ograniczać pobieranie fosforu. Potwierdzają to pośrednio również badania własne wskazujące na wystarczający poziom Ca, a nawet bardzo wysoki Mg w runi.



Rys. 2. Skład chemiczny runi łąkowej w porównaniu z normami siana łąkowego [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$]

Pomimo znacznych różnic w plonach suchej masy pierwszego i drugiego odrostu, na podstawie zawartego w plonie rolniczym azotu można sądzić, że jego dostępność dla roślin w okresie wzrostu drugiego odrostu była większa niż w okresie tworzenia plonu odrostu pierwszego (tab. 3). Wynika to z różnic uwilgotnienia gleby i różnej

intensywności mineralizacji substancji organicznej. Niedobór dostępnych dla roślin związków azotowych należałoby uzupełnić niewielkimi dawkami nawozów azotowych stosowanych po ruszeniu wegetacji. Dawki do 60 kg azotu na hektar mogą być stosowane zgodnie z wymogami programu P01b.

Tabela 3. Składniki wynoszone z plonem rolniczym [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]

Składnik	Pokos	Rok				Średnia
		2006	2007	2008	2009	
N	I	30,2	37,3	36,0	26,1	32,4
	II	36,1	35,4	26,1	19,2	29,2
	Razem	66,3	72,7	65,1	45,3	61,6
P	I	4,12	5,33	6,60	5,07	5,28
	II	4,90	3,91	3,19	3,79	3,94
	Razem	9,01	9,24	9,79	8,85	9,23
K	I	10,3	10,6	11,6	6,9	9,8
	II	9,8	9	5,5	4,9	7,3
	Razem	20,0	19,6	17,0	11,8	17,1
Ca	I	11,2	12,1	15,9	8,9	12,0
	II	8,9	9,1	7,0	6,0	7,8
	Razem	20,2	21,2	22,8	14,9	19,8
Mg	I	7,8	8,9	7,7	6,3	7,7
	II	8,4	5,6	3,3	4,4	5,4
	Razem	16,2	14,5	11,0	10,7	13,1

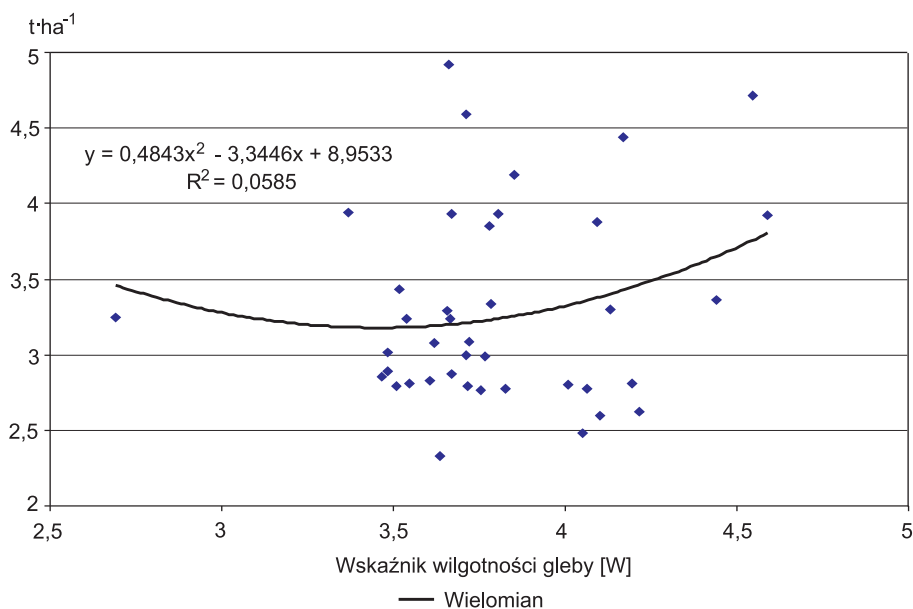
Wieloletnie użytkowanie łąk, polegające wyłącznie na pozyskiwaniu biomasy bez uzupełniania składników wynoszonych z plonem, spowodowało znaczne zubożenie siedliska. Z analiz chemicznych gleby, przytaczanych przez Łyszczarza i Dembka [2006], jak i badań własnych, dotyczących koncentracji składników w runi wynika, że najbardziej deficytowym pierwiastkiem w tej części Doliny Kanału Bydgoskiego był potas. Jego pobieranie z plonem na poziomie nieznacznie przekraczającym 17 kg z hektara powoduje dodatkowe zubożenie gleb organogenicznych. W warunkach prawidłowej koncentracji potasu w runi ma poziomie 16-17 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy plonach w granicach 8 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pobierane jest około 120-130 kg K. W obecnej sytuacji niezbędne wydaje się regularne nawożenie potasowe, które umożliwi prawidłowy rozwój gatunków pastewnych i spowoduje sukcesję roślin o lepszych parametrach paszowych.

Niewielka ilość zawartego w plonie fosforu może wynikać z zasadowego odczynu tamtejszych gleb, które według wcześniej przytaczanych autorów waha się w przedziale od 7,11 do 7,67 pH. W środowisku obojętnym, a tym bardziej zasadowym dochodzi do powstania fosforanów dwu- i trójwapniowych trudno dostępnych dla roślin. Celowe może być zatem regularne nawożenie niewielkimi dawkami fosforu, który będzie bardziej dostępny dla roślin niż jego uwstecznione formy zalegające w profilu glebowym.

Geneza powstania miejscowych łąk na glebach torfowych, wytworzonych z zamulania i osadów jeziornych bogatych w związki wapnia i magnezu, marginalizuje potrzebę nawożenia tymi składnikami.

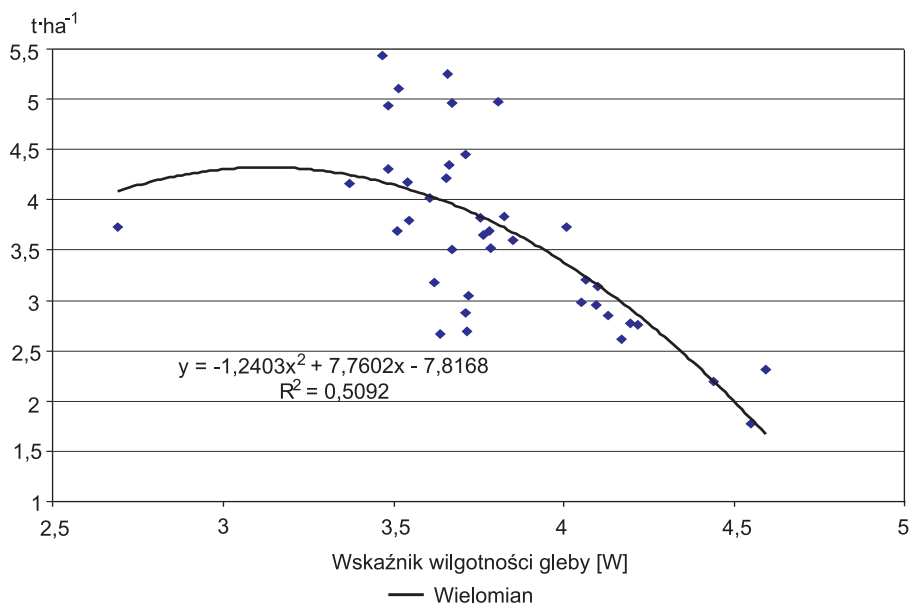
Niska wartość współczynnika determinacji R^2 , opisującego zależności pomiędzy stopniem uwilgotnienia gleby wyrażonym współczynnikiem W a średnimi plonami

suchej masy 41 badanych płatów runi w latach 2006-2009 wskazuje na możliwość uzyskiwania plonów większych od średnich zarówno na siedliskach wilgotnych i mokrych, jak również świeżych z tendencją do przesuszania (rys. 3). Gatunkami zwiększającymi plony na powierzchniach trwale mokrych były *Phalaris arundinacea* i turzycę wysokie, na okresowo przesuszających – fenologicznie bardzo późna *Agrostis gigantea*. Obie trawy wydają się potencjalnie najwartościowszymi komponentami ocenianych łąk. Ze względu na większy udział turzycy wysokich niż mietlicy białawej częściej wyższe plony występowały na stanowiskach o wartości $W \geq 4$.



Rys. 3. Kształtowanie się plonów suchej masy w zależności od wskaźnika wilgotności gleby

Ilościowa przewaga turzycy i *Deschampsia caespitosa* nad *Phalaris arundinacea* i innymi wartościowymi trawami wilgociolubnymi w siedliskach wilgotnych powoduje, że na badanych łąkach nie można uzyskać runi o wysokim mianie Lwu na stanowiskach najwilgotniejszych (rys. 4).



Rys. 4. Kształtowanie się jakości runi wyrażonej liczbami wartości użytkowej [Lwu] w zależności od wskaźnika wilgotności gleby [W]

WNIOSKI

1. Na podstawie oceny przeprowadzonej z wykorzystaniem liczb wartości użytkowej jakość runi badanych łąk mieściła się w dolnym przedziale runi miernej.
2. Łąki na siedliskach hydrogenicznych są bardzo wrażliwe na wszelkie zmiany antropogeniczne i ekologiczne, w tym głównie poziom i rozkład opadów, które wpływają zarówno na plonowanie jak również ukierunkowują zmiany florystyczne runi.
3. Opóźniony termin zbioru pierwszego pokosu sprzyjał sukcesji gatunków wcześniej wytwarzających nasiona, takich jak *Poa pratensis* i *Holcus lanatus*, a jednocześnie znacząco obniżał wartość paszową zielonki pozyskiwanej po 1 lipca.
4. W wyniku zakazu wałowania przeciwdziałającego procesom murszenia wzrastała wrażliwość siedliska na okresowe niedobory opadów, które powodowały ustępowanie wilgociolubnych gatunków traw i sukcesji gatunków odpornych na okresy posuszne.
5. W celu poprawy plonowania i jakości pozyskiwanej zielonki, niezbędne wydaje się nawożenie fosforowo-potasowe zwiększające koncentrację tych składników w runi.

LITERATURA

- Antoniewicz A., Żebrowska T., 1997. Tabele wartości pokarmowej pasz, [W:] Normy żywienia bydła, owiec i kóz. Instytut Zootechniki Kraków, 121-213.
- Choromański K., Choromańska D., Sapek A., 1991. Jakość siana pierwszego pokosu w latach 1985-1987 na tle terminu zbioru. Wiad. Mel. i Łak. 1, 17-19.
- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S., 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wydawnictwo AR w Poznaniu.

- Filipek J., 1973. Projekt klasyfikacji roślin łąkowych i pastwiskowych na podstawie liczb wartości użytkowej. *Postępy Nauk. Rolniczych* 4, 59-68.
- Filipek J., 1983. Sposoby i metody jakościowej oceny runi. [W:] *Łąkarstwo i gospodarka łąkowa PWRiL Warszawa*, 208-218.
- Grabarczyk S., 1975. Melioracje rolne. [W:] *Podstawy agrotechniki PWRiL* 77-135.
- Krasicka-Korczyńska E., 2008. Effect of the cutting date on blooming and fruit-bearing of *Ostericum palustre* Besser. *Acta Agrobotanica* 61(1), 129-136.
- Łyszczarz R., Dembek R., 2006. Skład botaniczny i potencjał produkcyjny ekstensywnie użytkowanych łąk w Dolinie Kanału Bydgoskiego. [W:] *Człowiek i środowisko przyrodnicze Pomorza Zachodniego, I. Środowisko biotyczne – biologia środowiskowa, eksperymentalna i stosowana*. Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk Przyrodniczych, Szczecin, 183-189.
- Łyszczarz R., Dembek R., Suś R., Zimmer-Grajewska M., Kornacki P., 2010. Renowacja łąk trwałych położonych na glebach torfowo-murszowych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, t. 10, z. 4, 129-148.
- Łyszczarz R., Miatkowski Z., Dembek R., 2006. Persistent green grounds in the Bydgoszcz Canal Valley – the status and future use from the perspective of the Minikowo advising centre. *Polish J. Env. St.* 15(SDP.1), 215-219.
- Łyszczarz R., Suś R., 2009. Dynamika wód gruntowych i osiadania powierzchni gleb hydrogeicznych w dolinie Kanału Bydgoskiego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 9(4), 163-175.
- Łyszczarz R., Suś R., Dembek R., Zimmer-Grajewska M., 2009. Permanent Grassland by the Bydgoszcz Canal. Understanding the requirements for development of agricultural production and of rural areas in the Kuyavian-Pomeranian province as a result of scientific research, edited by: E. Śliwińska and E. Spychaj-Fabisiak. University Press, University of Technology and Live Sciences in Bydgoszcz, 211-223.
- Majda J., Buczek J., Trąba C., 2007. Plenność niektórych gatunków chwastów owocujących na odłogu. *Annales UMCS, Sec. E, LXII*(2), 48-55.
- Pawlak T., 1992. Wpływ terminu sprzętu pierwszego pokosu i częstotliwość koszenia na produktywność użytków zielonych. *Wiadomości IMUZ XVII*(2), 255-276.
- Roguski W., 1961. Zagospodarowanie łąk w dolinie Kanału Bydgoskiego w świetle badań i doświadczeń przeprowadzonych w latach 1948-1952. *Roczniki Nauk Rolniczych F* 74, 581-672.
- Stańko-Bródkowa B., 1971. Proces drewnienia wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) i śmiałka darniowego (*Deschampsia caespitosa* [L.] P.B.) w zależności od faz rozwojowych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 114, 145-149.
- Zarzycki K., Trzeńska-Tacik H., Różański W., Szeląg Z., Wołek J., Korzeniak U., 2002. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. IB PAN Kraków.

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD BIOTECHNOLOGICZNYCH W WARZYWNICTWIE

Beata Durau

Katedra Roślin Ozdobnych i Warzywnych
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Warzywa to rośliny zielne, które w całości lub częściowo są pokarmem, bez konieczności stosowania dodatkowej obróbki cieplnej. Od tysięcy lat stanowią jedno z głównych źródeł żywności, a ich ważna rola w diecie wynika głównie z tego, że są bardzo bogate w sole mineralne i związki biologicznie czynne. Są one też ważnym surowcem w przemyśle nie tylko przetwórczym, ale też kosmetycznym i farmaceutycznym.

Modyfikowanie roślin wykorzystywanych do produkcji żywności rozpoczęło się w przybliżeniu 10-12 tysięcy lat temu. Nawet tak proste działania jak uprawa, zbiór, przechowywanie decydowały o wyborze tych roślin, które z wielu względów okazywały się bardziej przydatne i różniły się od swoich dzikich prototypów. Tego rodzaju decyzje były pierwszymi krokami w kierunku świadomej hodowli. Działania te rozwijały się przez stulecia, łącząc w sobie wiedzę z wielu gałęzi nauki. Najbardziej współczesnym osiągnięciem jest zastosowanie biotechnologii dla potrzeb ulepszania roślin.

W potocznym rozumieniu pojęcie biotechnologia kojarzone jest przede wszystkim ze specyficzną metodą wegetatywnego rozmnażania roślin, nazywaną mikrorozmnażaniem. Należy jednak pamiętać o tym, że mikrorozmnażanie, czyli klonowanie materiału roślinnego w kulturach *in vitro* w sterylnych warunkach, to jedynie jedno z wielu narzędzi biotechnologii. Podobnie niesłusznie biotechnologię pojmuje się jako dziedzinę stosowaną prawie wyłącznie w przypadku roślin ozdobnych. Faktem jest, że rośliny ozdobne rzeczywiście na ogromną skalę namnażane są w celach komercyjnych w kulturach *in vitro*, wykonuje się również na nich bardzo wiele badań. Jednak należy pamiętać również o tym, że biotechnologia coraz częściej znajduje zastosowanie w rolnictwie i warzywnictwie. W przypadku warzyw, które zdecydowanie najczęściej rozmnażane są generatywnie, wegetatywne mikrorozmnażanie dla potrzeb uprawy nadal okazuje się zbyt kosztowne w porównaniu z tradycyjną produkcją nasion. Mimo to metody biotechnologiczne obecnie stosowane są na szeroką skalę dla potrzeb hodowli twórczej i zachowawczej oraz nasiennictwa ogromnej liczby gatunków roślin, zarówno ozdobnych, jak i sadowniczych oraz warzywnych. Pozwalają one na znaczne poszerzenie możliwości uprawy wielu gatunków roślin, gdyż umożliwiają dopasowanie ich do specyfiki środowiska, co stanowi główne odejście od tradycyjnej uprawy, w której to warunki środowiskowe powinny być jak najbardziej dopasowane do wymagań roślin. Możliwe staje się: polepszenie ilości i jakości plonów, ich wartości odżywczej, kontrolowanie występowania szkodników i chorób, jak również tworzenie odmian odpornych na herbicydy i tolerancyjnych na stresy abiotyczne.

Dla potrzeb warzywnictwa zastosowanie biotechnologii wiąże się przede wszystkim z opracowywaniem i ulepszaniem protokołów mikrorozmnażania różnych gatunków roślin, pozyskiwaniem linii haploidalnych i ich podwajaniem dla potrzeb hodowli, uwalnianiem roślin od patogenów, tworzeniem mieszańców somatycznych, dokonywaniem transformacji genetycznych i przechowywaniem zasobów genowych.

WYBRANE NARZĘDZIA BIOTECHNOLOGICZNE STOSOWANE DLA POTRZEB WARZYWNICTWA

Tworzenie i ulepszanie procedur związanych z kulturami tkankowymi warzyw

Opracowywanie metod mnożenia i zwiększanie ich efektywności jest szczególnie ważne dla gatunków, które dopiero zaczynają być poddawane badaniom w kulturach *in vitro* jak również dla tych roślin, które z różnych względów wymagają lepszych, efektywniejszych metod namnażania. Proste i efektywne metody namnażania, ukorzeniania i aklimatyzacji *ex vitro* stanowią w dużej mierze podstawy lepszych efektów, chociażby w hodowli twórczej.

Jak dotąd nie ma wystarczająco skutecznych metod regeneracji papryki (*Capsicum annuum* L.), co znacznie ogranicza możliwości transformowania tego gatunku [Peddaboina i in. 2006, Kumar i in. 2005, Bartoszewski i in. 2010]. Uważa się, że przedstawiciele rodzaju *Capsicum* nie mają naturalnych skłonności do rozmnażania wegetatywnego [Kumar i in. 2005, Khan i in. 2011]. Podejmowane były próby indukowania organogenezy przybyszowej na fragmentach liścieni i hypokotyli, jednak wykształcone pąki nie ulegały elongacji, najczęściej tworząc jedynie rozety zniekształconych liści. Wyłożenie na pożywkę z dodatkiem cytokininy 6-benzyladeniny (BA) połówek napęczniałych nasion zawierających proksymalną część hypokotyla i korzonek zarodkowy, skutkowało tworzeniem pąków przybyszowych na powierzchni cięcia hypokotyla, które następnie przenoszono na pożywkę pozbawioną regulatorów wzrostu. W kolejnych pasażach uzyskano wzrost efektywności mnożenia, jednak w trzecim pasażu mikrosadzonki zaczynały kwitnąć i tworzyć mikroowoce [Rogozińska i Drozdowska 1997].

Ponieważ papryka jest bardzo ważnym i cenionym warzywem, nadal są prowadzone prace nad usprawnieniem jej mikrorozmnażania. W jednym z doświadczeń zastosowano różne eksplantaty papryki, takie jak: merystemy wierzchołkowe, liścienie, fragmenty hypokotyli i korzenia, które inokulowano wertykalnie, horyzontalnie i apolarnie na pożywkę wzbogaconą w BA i auksynę - kwas 3-indoliloctowy (IAA) oraz AgNO_3 . Najwięcej pąków przybyszowych uzyskano na inokulowanych apolarnie fragmentach hypokotyli, co może sugerować, że w przypadku gatunków z rodzaju *Capsicum* kluczem do efektywnej regeneracji *in vitro* może być właśnie polaryzacja eksplantatu [Kumar i in. 2005].

Kolejnym problemem związanym z mikrorozmnażaniem wielu gatunków roślin z rodzaju *Capsicum* jest słaba przeżywalność ich mikrosadzonek w trakcie aklimatyzacji w warunkach *in vivo*. Zwykle straty wynoszą co najmniej 10-40%. Najczęściej wynika to ze słabego funkcjonowania korzeni, będącego efektem braku połączeń waskularnych między pędem a korzeniem mikrosadzonek. Inną przyczyną może być też fakt, że rośliny w kulturach tkankowych najczęściej nie są autotrofami, ale w najlepszym przypadku fotomiksautotrofami i ich liście zawierają mało chlorofilu. Dodatkowe trudności sprawia często drastyczne ograniczenie wilgotności powietrza w trakcie aklimatyzacji. Mikrosadzonki nie mają pełnej kontroli nad aparatami szparkowymi, mają też zredukowaną kutykulę, co wywołuje nadmierną transpirację, a w rezultacie wędnięcie, nekrozy liści i ostatecznie śmierć. Zaburzenia te mogą być zwiększone właśnie przez niedostateczne połączenie waskularne między korzeniami i pędem, ponieważ w regulacji pracy aparatów szparkowych pośredniczą metabolity

sygnałowe produkowane w korzeniach i transportowane poprzez ksylem do pędów i liści [Estrada-Luna i Davies 2003].

Inną rośliną, u której opracowanie metody skutecznego mnożenia dla potrzeb hodowli stało się przedmiotem licznych badań jest pomidor (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Górecka i in. [1994] podjęli skuteczną próbę indukowania organogenezy na fragmentach liści pobranych z pomidorów rosnących w szklarni, układając je na pożywkę zawierającą IAA ($0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) i BA ($2,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Taka sama pożywka okazała się wpływać pozytywnie również na eksplantaty z fragmentów liści i pędów pobranych ze zdekapitowanych siewek pochodzących z kultur *in vitro* [Górecka i in. 1996].

Wyniki innych prac wykazały, że na efektywność mikrorozmnażania pomidora mogą mieć wpływ czynniki abiotyczne, na przykład skład spektralny światła w kulturze. Zastosowanie światła o barwie czerwonej wpłynęło na uzyskanie znacznie lepszego współczynnika namnożenia z jednowęzłowych fragmentów pędu niż w przypadku światła dziennego, niebieskiego, zielonego i żółtego [Głowacka 2004 a i b].

Warunki w konwencjonalnych kulturach *in vitro*, stymulujące szybki wzrost i namnażanie pędów często skutkują tworzeniem się mikrosadzonek o zaburzonej morfologii, anatomii i fizjologii. Ograniczenie w mikrorozmnażaniu oberżyny (*Solanum melongena* L.) jest wynikiem występującej bardzo często szklistości, czyli inaczej witryfikacji. Jest to choroba fizjologiczna, a jej objawy to przede wszystkim: zmniejszenie liczby warstw miększu palisadowego, nieregularne tworzenie epidermy, duże przestwory międzykomórkowe w mezofilu, w których gromadzi się woda, zmniejszenie ilości tkanek mechanicznych, cienkie ścianki komórkowe, mniejsza ilość tkanek przewodzących, mniejsza grubość kutykuli bądź nawet jej brak oraz nieprawidłowo działające aparaty szparkowe w liściach. Stąd też badania nad ograniczeniem zjawiska witryfikacji stają się szczególnie ważne [Mohamed i Alsadon 2010].

W przypadku mikrorozmnażania ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) jedną z bardziej niepożądanych cech jest nadmierna elongacja pędu, która postrzegana jest jako główna przyczyna niepowodzeń w trakcie aklimatyzacji roślin w warunkach *in vivo*. Mikrosadzonki z krótkimi pędami, dużymi liśćmi i odpowiednim, czyli niezbyt dużym stosunkiem masy pędu do korzeni znacznie łatwiej przeżywają w warunkach *ex vitro*. Przeciwnie, długie międzywęzła i mniejsze liście są bardziej pożądane na etapach proliferacji, gdyż ze względu na łatwiejsze dzielenie roślin na fragmenty cecha ta znacznie zmniejsza pracochłonność pasażu. Po to, aby osiągnąć optymalne wyniki mikrorozmnażania konieczna jest więc na każdym z poszczególnych etapów precyzyjna i jednocześnie prosta kontrola długości pędów i międzywęzli. Kontrola wydłużania pędu jest utrudniona ze względów fizjologicznych i biochemicznych, ponieważ procesy te, dość dobrze poznane w warunkach *in vivo*. W kulturach tkankowych jeszcze nie do końca są dokładnie zbadane. W uprawach konwencjonalnych w celu ograniczenia elongacji stosuje się retardowanie chemiczne lub – bardziej bezpieczne dla środowiska – fizyczne. Możliwe jest również hamowanie nadmiernego wzrostu poprzez ograniczenie nawadniania i/lub odżywiania. W kulturach *in vitro* nie wykorzystuje się chemicznych retardantów ze względu na możliwość wystąpienia niepożądanych efektów ubocznych, z kolei ograniczenie ilości wody czy składników pokarmowych wymaga pracochłonnego, częstego pasażowania mikrosadzonek na nowe pożywki. Okazuje się, że technika kontrolowania wzrostu często stosowana w uprawach szklarniowych, określana jako DIF, a polegająca na manipulacji temperaturą powietrza w ciągu dnia i nocy może znaleźć zastosowanie również w kulturach *in vitro*. W przypadku mikrosadzonek ziemniaka w kulturze autotroficznej zastosowano DIF ujemny (temperatura w ciągu dnia niższa

o 9°C niż nocą), dodatni (temperatura w ciągu dnia wyższa o 9°C niż nocą) oraz zerowy (równa temperatura w ciągu doby). Jednocześnie intensywność światła wynosiła 70 albo 140 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, a długość dnia 16 albo 8 godzin. Na długość pędów wpłynęła przede wszystkim temperatura powietrza i intensywność światła. Silne wydłużanie pędów było stymulowane przy pozytywnym DIF, a hamowanie elongacji obserwowano szczególnie przy intensywnym świetle i w negatywnym DIF. Dobre wyniki uzyskano również stosując zerowy DIF, długi dzień i intensywne światło [Kozai i in. 1995].

Marchew (*Daucus carota* L.) jest jednym z gatunków roślin trudno ukorzeniających się w warunkach *in vitro*. Przeprowadzone doświadczenie, w którym pożywki suplementowano różnymi kombinacjami auksyn wykazało, że efektywność ukorzenia zależy od genotypu, ale też od składu pożywki. Zastosowanie 2,0 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ IAA oraz 6,0 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ kwasu 3-indolilomasłowego (IBA) w połączeniu z 0,5 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ kwasu 1-naftylooctowego (NAA) dało najlepszy efekt, odpowiednio 25,3 i 22,4% ukorzenionych mikrosadzonek, przy czym na pierwszej pożywce korzenie były długie i cienkie, a na drugiej – krótkie i grube. Na pożywce kontrolnej, niezawierającej regulatorów wzrostu oraz pożywce z 1 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ IAA i 1 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ NAA efektywność ukorzenia wyniosła odpowiednio 7,8 i 6,4% [Chuda i in. 2012].

Warzywa z grupy kapustnych jako bardzo ważne gospodarczo gatunki już od dawna bardzo często są przedmiotem różnych badań. W doświadczeniu, które przeprowadzili Prakash i de Fossard [1977] przetestowano 81 pożywek z wszystkimi możliwymi kombinacjami trzech poziomów soli mineralnych, sacharozy, auksyny i cytokiny, zastosowanych w kulturze fragmentów międzywęźli i róży kalafiora (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). Niezależnie od rodzaju eksplantatu optymalne wyniki uzyskano stosując pełny skład soli mineralnych zgodnie z pożywką MS [Murashige i Skoog 1962], 20 $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ sacharozy, 1,0 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ NAA oraz 5,0 $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ cytokiny, przy czym dla fragmentów międzywęźli zastosowano 6-benzylaminopurynę (BAP), a dla fragmentów róży – kinetynę.

Podjęte zostały również bardzo interesujące badania nad zwiększeniem efektywności namnażania kalafiora z eksplantatów pobranych z powierzchni róż. Potencjalnie z każdej róży można uzyskać miliony merystemów, a każdy z nich powinien być zdolny do produkowania pędów *in vitro* [Kieffer i in. 1995]. Ponieważ dotychczasowe próby umieszczania na pożywkach małych fragmentów róży nie dawały zadowalających rezultatów, gdyż eksplantaty nie rozwijały w pełni swoich potencjalnych możliwości, zaczęto badać możliwość silnego ich rozdrabniania. Jak się okazuje, zbyt silne rozdrabnianie nie jest jednak korzystne, gdyż generuje zbyt wiele uszkodzeń mikroeksplantatów, które w następstwie nie wykształcają pędów. Najkorzystniejszą procedurą okazało się rozdrabnianie w blenderze maksymalnie przez 30 sekund, a następnie stosowanie pożywki zawierającej 0,5 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ kinetyny i 1,0 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ NAA, gdyż uzyskane pędy mimo małych rozmiarów wykazywały wczesne oznaki polaryzacji i nadawały się do kapsułkowania w alginianie sodu [Kieffer i in. 2001]. Wprawdzie wyniki tych badań wydają się być bardzo obiecujące, nadal pozostaje wiele kwestii wymagających rozwiązania. Podstawowym problemem jest tworzenie w kulturach zakładanych z fragmentów róży pąków kwiatowych oraz zdarzające się zaburzenia stabilności genetycznej [Kieffer i in. 1995]. W pracach nad mikrorozmnażaniem kalafiora z fragmentów róży badano również możliwość wyeliminowania regulatorów wzrostu z pożywek w celu uzyskania mikrosadzonek lepszej jakości, bez objawów witryfikacji i wykazujących lepszą przeżywalność w trakcie aklimatyzacji *in vivo*. Pobudzanie pąków do intensywnego wzrostu na pożywkach bez regulatorów wzrostu jest możliwe dzięki wstęp-

nemu moczeniu sterylnych eksplantatów przez 24 godziny w roztworze sacharozy o stężeniu $0,89 \text{ M} \cdot \text{dm}^{-3}$. Stwierdzono, że takie traktowanie pozwoliło na intensywny rozwój pędów kątowych, co było efektem indukcji wydzielania endogennych cytokinin w następstwie działania szoku osmotycznego. Co ważne, uzyskane pędy nie wykazywały objawów witryfikacji, którą zaobserwowano w przypadku pędów uzyskanych na pożywkach z egzogennymi regulatorami wzrostu [Vandemoortele i in. 2001].

Kultury tkankowe znajdują też zastosowanie przy klonowaniu supermęskich linii odmian szparaga (*Asparagus officinalis* L.). Jest to roślina rozdzielнопłciowa dwupienna i co ciekawe, lepsze plony uzyskuje się z osobników męskich. Produkcja materiału rozmnożeniowego *in vitro* jest wprawdzie znacznie kosztowniejsza od tradycyjnej metody rozmnażania z nasion, jednak przy zakładaniu wieloletniej uprawy o większym potencjale plonotwórczym koszt ten okazuje się być opłacalny. Zasadniczy problem z klonowaniem tego gatunku wynika z tego, że przy stosowaniu eksplantatów merystematycznych bardzo często mikrosadzonki tworzą cienkie i słabe korzenie, albo wcale się nie ukorzeniają, co skutkuje małą przeżywalnością w trakcie aklimatyzacji *in vivo*. Z kolei próby z indukowaniem somatycznej embriogenezy często skutkowały bardzo dużą zmiennością somaklonalną. Rozwiązaniem okazało się w tym przypadku zastosowanie odpowiedniej kombinacji środka zestalającego i cukru na etapie ukorzeniania. Najlepsze efekty uzyskano stosując wysokie stężenie gelrite (6-10%) i glukozy (4-5%). Pożywki ukorzeniające zestalane agarem były mniej skuteczne. Prawdopodobnie nie wynika to ze stopnia zestalenia i twardości pożywki, a z jej struktury fizycznej i składu chemicznego [Shigeta i in. 1996].

Okazuje się, że rodzaj środka zestalającego jest istotny również w przypadku innych warzyw. Badania przeprowadzone przez Afreen-Zobayed i in. [2000] wykazały, że najpopularniejszy, najczęściej stosowany środek zestalający, jakim jest agar ma niestety wiele wad i nie jest dobry dla niektórych gatunków. Słodki ziemniak (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) jest rośliną, która wprawdzie nie sprawia problemów w kulturach tkankowych na etapie mnożenia, jednak istnieją problemy z jego ukorzenianiem. Wyniki sugerują, że w przypadku tego gatunku na etapie ukorzeniania korzystniejsze jest stosowanie gelrite zamiast agaru.

Kolejnym warzywem, wobec którego podjęto próby rozmnażania w kulturach *in vitro* jest szpinak zwyczajny (*Spinacia oleracea* L.). Jest to kolejna roślina rozdzielнопłciowa dwupienna, jednak sporadycznie samorzutnie pojawiają się rośliny o kwiatach męskich i żeńskich. Dla potrzeb produkcji nasiennej bardzo ważna staje się w takiej sytuacji pracomochłonna eliminacja roślin męskich pochodzących z posiadających kwiaty żeńskie linii donorowych. Alternatywą staje się więc wegetatywne rozmnażanie roślin żeńskich metodą somatycznej embriogenezy. Próby z zastosowaniem różnych eksplantatów wskazują na największą przydatność do tego celu fragmentów korzeni [Komai i in. 1996].

W celu ulepszenia cech odmian gatunków uprawnych, niejednokrotnie koniecznym staje się wprowadzanie do kultur *in vitro* różnych gatunków roślin. Takim przykładem jest *Phaseolus polyanthus*. Jest to roślina całkiem nieznana w naszym klimacie, za to powszechnie uprawiana w krajach Ameryki Południowej i Środkowej oraz na pogórzu Afryki wschodniej. Jest to bardzo wartościowa roślina, stanowiąca bogate źródło pełnowartościowego białka. Może być przydatna jako źródło genów zwiększających u powszechnie uprawianej w naszych szerokościach geograficznych fasoli zwyczajnej odporność na choroby grzybowe i chłód oraz polepszających jej potencjał plonotwórczy. Poważną przeszkodą dla ewentualnych transformacji genetycznych czy też tworzenia mieszańców somatycznych między *Phaseolus vulgaris* a *P. polyanthus* jest

trudna regeneracja obu gatunków w kulturach tkankowych. U fasoli zwyczajnej opisano somatyczną embriogenezę na liścieniach, jednak jak dotąd nie doczekano się konwersji zarodków w rośliny [Zambre i in. 2001].

Mnożenie karczocha (*Cynara cardunculus Scolymus* Grp.) *in vitro* w zasadzie nie jest bardzo trudne, a zaletami takiego rozwiązania jest możliwość uzyskania roślin wolnych od patogenów, czyli automatycznie lepiej plonujących oraz znacznie większy współczynnik namnożenia niż przy tradycyjnej metodzie mnożenia z nasion. Jedynym problemem staje się jednak ukorzenianie mikrosadzonek przed ich aklimatyzacją *in vivo*. W tym celu podjęto szereg różnokierunkowych badań. Obiecujące wydaje się stosowanie w ostatnim pasażu dodatku do pożywki cyklodekstryn, uważanych za silnie bioaktywne węglowodany. Niewykluczone, że takie rozwiązanie może również okazać się skuteczne przy ukorzenianiu *in vitro* innych opornych gatunków [Brutti i in. 2000]. W innych badaniach przetestowano hipotezę mówiącą, że zjawisko mikoryzy daje roślinom większy, silniejszy i lepiej rozwinięty system korzeniowy, co znacznie ułatwia pobieranie wody, a jednocześnie zwiększa odporność na pasożyty i stres. Udowodniono już, że im wcześniej dochodzi do aktywnego kontaktu między korzeniami rośliny a grzybami mikoryzowymi, tym lepszych efektów symbiozy można oczekiwać. Aklimatyzacja to na ogół jedna z trudniejszych faz mikrorozmnażania, zwłaszcza dla roślin słabo korzeniących się, do których należy też karczoch. W doświadczeniu wykorzystano ukorzenione i nieukorzenione mikrosadzonki karczocha, które zostały w trakcie aklimatyzacji posadzone w podłożu torfowym. Wobec połowy roślin zastosowano dodatek grzyba *Glomus viscosum* do podłoża. Wyniki badań potwierdziły pozytywny wpływ mikoryzy na przeżywalność mikrosadzonek karczocha *in vivo*. W podłożu zaszczerpionym grzybem przeżyło 90-95% ukorzenionych oraz 60% nieukorzenionych roślin, podczas gdy w przypadku podłoża nieszczerpionego wyniki przeżywalności wyniosły odpowiednio od 30 do 35 i 0% [Morone i in. 2005].

Ogórek (*Cucumis sativus* L.) to kolejne warzywo o dużym znaczeniu gospodarczym, jednak plonowanie tego gatunku jest stale ograniczane chorobami wywołanymi przez grzyby, bakterie i wirusy. Zastosowanie w kulturach tkankowych pośredniej organogenezy albo somatycznej embriogenezy wydaje się dobrym rozwiązaniem przy poszukiwaniu genotypów odpornych, które mogłyby funkcjonować albo jako nowe odmiany lub jako źródło pożądaných genów dla potrzeb transformacji i hodowli mieszańców [Wiśniewska i in. 2012]. Wprawdzie organogenezę i embriogenezę somatyczną można dość łatwo zainicjować u ogórka stosując różne eksplantaty, takie jak liście, juwenilne liście, ogonki liściowe i hypokotyle, jednak ostatecznie udział regenerujących i jednocześnie zmienionych roślin jest zwykle stosunkowo niski i zależy głównie od rodzaju eksplantatu, genotypu rośliny, kombinacji regulatorów wzrostu i warunków kultury. Okazuje się również, że na efektywność rozmnażania w tym przypadku wpływa struktura i barwa kalusa powstającego na eksplantatach. Uzyskanie zwartego, zielonego kalusa zapewnia znacznie lepsze efekty niż w przypadku kalusa kruchej, żółtawego lub żółtobrazowego. Jednak ze względu na duży wpływ genotypu na przebieg kultury, konieczne staje się prowadzenie zindywidualizowanych badań dla różnych odmian [Selvaraj i in. 2007].

Wpływ genotypu na kierunek rozwoju eksplantatów podkreślany jest też w przypadku innej rośliny warzywnej z rodziny *Cucurbitaceae*, a mianowicie melona (*Cucumis melo* L.). Jedna z badanych odmian tego gatunku tworzyła więcej zarodków somatycznych w wyniku bezpośredniej embriogenezy, kiedy w pożywce znajdowało się więcej azotu amonowego, jednak nie wykazano żadnego wpływu tej formy azotu na

tworzenie kalusa i organogenezę. Z kolei u drugiej z odmian nie wykazano wpływu zawartości azotu amonowego w pożywce na procesy regeneracji. Zaobserwowano również pozytywny wpływ większej zawartości fosforanów w pożywce na bezpośrednią organogenezę. U obu badanych odmian eksplantaty pobierały z pożywki najwięcej jonów potasu i wapnia podczas tworzenia kalusa, a najmniej przy bezpośredniej organogenezie, z kolei magnez był intensywniej akumulowany podczas somatycznej embriogenezy, a najslabiej, kiedy na eksplantatach tworzył się kalus. Wyniki te świadczą o tym, że w przypadku kultur tkankowych melona należy odpowiednio zmieniać skład mineralny pożywek, aby uzyskać zamierzony kierunek rozwoju – w celu pobudzania organogenezy zwiększać zawartość fosforu, a dla potrzeb somatycznej embriogenezy stosować więcej magnezu, jednak zawartość azotu powinna być dopasowywana indywidualnie, zgodnie z potrzebami danej odmiany [Kintzios i in. 2004].

Ulepszanie metod mnożenia oraz poprawianie ich efektywności coraz częściej opiera się na metabolizmie węglowodanów w kulturach *in vitro*. Wzrost i rozwój eksplantatów i mikrosadzonek zależy nie tylko od pożywki, ale też od składu atmosfery gazowej w pojemnikach do kultur. Konwencjonalne kultury, w których sterylny materiał roślinny jest chroniony przed zakażeniem mikroorganizmami oraz przed wysychaniem tkanek i pożywki, niezamierzenie wprowadza się zaporę uniemożliwiającą wymianę gazową między pojemnikiem a środowiskiem zewnętrznym, przez co środowisko gazowe *in vitro* jest nienormalne w porównaniu ze środowiskiem *ex vitro*. Przede wszystkim dotyczy to wysokiej wilgotności powietrza, dużej dziennej fluktuacji stężenia CO₂ oraz akumulacji etylenu i innych substancji toksycznych. To wszystko sprawia, że fotosynteza, transpiracja, pobieranie wody, składników odżywczych i CO₂ mogą być zahamowane, a jednocześnie zwiększone oddychanie w okresie braku światła. W efekcie występuje słaby wzrost i zakłócenia fizjologiczne i morfologiczne mikrosadzonek. Takie problemy dotyczą, między innymi roślin z rodzaju *Brassica*, u których słaby wzrost i regeneracja związane są z wydzielaniem w trakcie trwania kultury etylenu. Wpływ etylenu na wzrost i rozwój mikrosadzonek kalafiora został zbadany drogą wprowadzania do pożywek inhibitorów tego gazu. Wiadomo zatem, że etylen powoduje u tego gatunku hamowanie wzrostu i rozwoju, indukcję witrifikacji i zmniejszenie zawartości chlorofilu w liściach. Inne badania dotyczyły reakcji kalafiora na zastosowanie różnych systemów zamknięć pojemników do kultur. Część pojemników była szczelnie zamknięta i uszczelniona silikonem, dla drugiej zastosowano konwencjonalne zakrętki z polipropylenu, umożliwiające dyfuzyjne wietrzenie, a dla trzeciej grupy przeznaczono aparaty wentylacyjne umożliwiające regularną wymianę gazową. Na umieszczonych wewnątrz hypokotylowych eksplantatach zaindukowano tworzenie kalusa, który znacznie się różnił, w zależności od systemu zamknięcia pojemnika. Przy braku wentylacji był on twardy i zwarty, szarzejący i z plamami nekrotycznymi. Przy pełnej wentylacji uzyskano kalus kruchy, zielony lub kremowy, bez objawów nekrozy. Tworzenie pędów przybyszowych z kalusa również przebiegało najlepiej przy pełnej wentylacji, a najslabiej w szczelnych kulturach. Zupełny brak wymiany gazowej skutkował też najmniejszą zawartością chlorofilu w liściach. Okazuje się, że szczególnie w przypadku obfitego tworzenia kalusa *in vitro* umożliwienie wymiany gazowej jest bardzo ważne, gdyż to właśnie kalus jest głównym źródłem etylenu [Zobayed i in. 1999]. Wyniki różnych badań jednoznacznie wykazują, że w związku z tym, że cukry stanowią główne źródło węgla organicznego w kulturach *in vitro*, udział fotosyntezy w całkowitym metabolizmie węgla jest ograniczony, na co dodatkowo wpływ ma również względnie mała intensywność światła i wyczerpywanie się zawartości CO₂ w szczelnie

zamkniętych pojemnikach. Z kolei systemy uwzględniające wzbogacanie atmosfery gazowej w pokoju wzrostowym w CO_2 i umożliwienie wymiany gazowej między pokojem wzrostowym a pojemnikami z kulturami, powoduje wzrost akumulacji biomasy mikrosadzonek [Wolf i in. 1998].

Związek między zawartością cukru w pożywce a wzrostem mikrosadzonek zaobserwowany został też u ziemniaka. Objawami były mała zawartość chlorofilu w liściach i niska aktywność fotosyntetyczna, ograniczana zarówno przez zmniejszenie ilości chlorofilu, jak i małą zawartość CO_2 w pojemnikach do kultur. Wiadomym jest, że mikrosadzonki mające w liściach większą ilość chlorofilu wykazują się lepszą przeżywalnością w trakcie aklimatyzacji. Z tych względów ograniczenie ilości cukru w pożywce i umożliwienie mikrosadzonkom zwiększenia aktywności fotosyntetycznej jest szczególnie ważne. Można to osiągnąć stosując pojemniki ze zwiększoną wentylacją, ograniczając ilości sacharozy w pożywce oraz zwiększając ilość CO_2 w pokoju wzrostowym, co będzie skutkowało lepszą kondycją i zdrowotnością mikrosadzonek i co równie ważne – ich liście będą wykazywać się poprawną budową anatomiczną, znacznie ułatwiającą przeżywalność w trakcie aklimatyzacji [Mohamed i Alsadon 2010]. W szczelnych pojemnikach i na pożywkach bogatych w cukier mikrosadzonki mają obniżoną zawartość dostępnej dla nich wody. Dodatkowe zaburzenia morfologiczne, anatomiczne i fizjologiczne stwarza duży dodatek regulatorów wzrostu. W trakcie aklimatyzacji rośliny muszą zmagać się z poważnymi problemami, takimi jak mniejsza wilgotność powietrza, większa ilość światła, co w połączeniu ze słabym rozwojem epidermy i kutykuli oraz gorszym połączeniem waskularnym między pędem a korzeniem może powodować zamieranie roślin. Dlatego ważne jest stworzenie lepszych warunków w postaci lepszego oświetlenia i wymiany gazowej w ostatnim pasażu poprzedzającym aklimatyzację [Baroja-Fernández i in. 2002]. Bardzo ważne jest również to, że w kulturach miksa autotroficznych w szczelnych pojemnikach i na pożywkach z cukrem u ziemniaka następuje znaczne ograniczenie mikrotuberyzacji [Zobayed i in. 2001].

Bardzo ciekawym rozwiązaniem w kulturach autotroficznych jest propozycja stosowanie oświetlenia bocznego w pokoju wzrostowym. Okazuje się, że najczęściej stosowanie oświetlenie górne daje mikrosadzonkom zbyt małą ilość energii fotosyntetycznej czynnej, zastosowanie oświetlenia bocznego umożliwia zwiększenie liczby pól na regałach i znacznie efektywniejsze zagospodarowanie przestrzeni [Kitaya i in. 1995].

Tworzenie haploidów i podwojonych haploidów

Zarówno w hodowli, jak i w badaniach podstawowych ogromną rolę odgrywają rośliny będące haploidami [Koleva-Gudeva i in. 2007]. Ich praktyczne wykorzystanie ma jednak pewne ograniczenia, gdyż wymaga spełnienia dwóch podstawowych warunków – prostego i skutecznego indukowania ich tworzenia oraz opracowania efektywnej metody diploidyzacji [Bartoszewski i in. 2010]. Tradycyjnie stosowane metody hodowlane mające na celu uzyskanie linii homozygotycznych są bardzo czasochłonne. W zależności od gatunku proces ten wymaga poświęcenia od 5 do nawet 12 lat pracy, podczas gdy uzyskiwanie linii homozygotycznych z podwojonych haploidów skraca ten czas 2-3-krotnie [Martínez i in. 2000, Ivchenko i in. 2005, Koleva-Gudeva i in. 2007]. Przykładowo w przypadku marchwi, która jest rośliną dwuletnią, prowadzenie samozapylenia nawet przez 3-4 pokolenia nie gwarantuje całkowitej homozygotyczności. Dodatkowym utrudnieniem jest też fakt, iż marchew jest owadopylna i w związku z tym samozapylenie jest znacznie utrudnione przez

naturalne bariery [Kielkowska i Adamus 2010]. Haploidy różnych gatunków roślin można uzyskiwać w kulturach pylników i zalążków oraz izolowanych komórek gametofitów. Na efektywność androgenicznej embriogenezy *in vitro* zasadniczy wpływ mają czynniki, takie jak : genotyp, skład pożywki, moment zbioru pąków kwiatowych z roślin donorowych oraz warunki fizyczne kultury, na przykład zastosowanie szoku termicznego [Górecka i in. 2012].

Niewielka jak dotąd liczba badań przeprowadzonych nad indukcją haploidów marchwi bazuje na androgenezie, przy czym najczęściej stosowane są kultury pylników, znacznie rzadziej izolowanych z nich mikrospor. Częste niepowodzenia i mała wydajność u tego gatunku wynikają prawdopodobnie z różnic genetycznych między badanymi odmianami; warunki wzrostu roślin donorowych i sposób ich uprawy mają mniejsze znaczenie [Górecka i in. 2005]. Czynnikiem, który w znacznym stopniu decyduje o efektywności androgenezy u marchwi jest stadium rozwojowe mikrospor. Najlepsze wyniki uzyskuje się inicjując kulturę z mikrospor jednojadrowych [Kiszczak i Górecka 2012]. Badania Kielkowskiej i Adamus [2010] wykazały, że u marchwi możliwe jest również pobudzanie do rozwoju haploidalnych komórek gametofitu żeńskiego. Zastosowano w tym przypadku zapylenie obcym pyłkiem – pietruszki (*Petroselinum crispum* var. *tuberosum* [Bernh.] Mart. Crov.), pasternaku (*Pastinaca sativa* L.), selera (*Apium graveolens* var. *rapaceum* [Mill.] Gaudin) i kapusty głowiastej (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), przy czym najlepszy efekt uzyskano stosując pyłek pietruszki.

Kolejnym ważnym gatunkiem warzywa, u którego podejmowane są prace nad indukcją haploidów jest ogórek. Początkowo jedyne źródło takich linii stanowiła spon-taniczna partenogeneza. Obecnie możliwe jest indukowanie haploidalnej partenogenezy poprzez stosowanie zapylenia napromieniowanym pyłkiem [Raś i in. 2007], jednak znacznie lepsze efekty daje androgeneza, szczególnie kultury pylników [Bartoszewski i in. 2010]. Mniej znaną metodą jest uzyskiwanie haploidów w zawieszinie izolowanych mikrospor. Może być ona interesującą propozycją, szczególnie ze względu na brak w kulturze zanieczyszczeń fragmentami tkanek pochodzących z pąków kwiatowych i pylników i duże wyrównanie mikrospor pod względem ich stadium rozwojowego [Gałązka i in. 2012].

Próby indukowania androgenezy w kulturach pylników podejmowane były też u papryki. W tym przypadku zastosowano różne pożywki zarówno pod względem składu podstawowego, jak i uzupełnienia w regulatory wzrostu oraz szok termiczny w postaci temperatury niskiej (7°C) i wysokiej (35°C) od 7 do 8 dni. Haploidalne zarodki uzyskano jedynie na pożywce CP [Dumas de Valux i in. 1981] w podwyższonej temperaturze inkubacji. Co ciekawe, haploidy powstawały tylko w drodze bezpośredniej regeneracji. Jeżeli na eksplantatach tworzył się kalus, nie obserwowano tworzenia zarodków [Koleva-Gudeva i in. 2007]. Obserwacje dotyczące braku regeneracji papryki z tkanki kalusowej są zgodne z badaniami Khana i in. [2011].

Innym warzywem, u którego pozyskiwanie haploidów mogłoby znacznie usprawnić hodowlę jest cebula (*Allium cepa* L.). W przypadku tej rośliny można indukować haploidalną partenogenezę w warunkach *in vivo* poprzez zapylenie nieżywotnym pyłkiem, jednak lepsze efekty uzyskuje się w kulturach *in vitro* zalążni lub zalążków. Problemem jest liczba gynogenicznych zarodków i haploidów. Jest ona zwykle bardzo mała, dlatego tak istotne stają się badania nad zwiększeniem efektywności gynogenezy u tego gatunku. Interesującą propozycją jest zastosowanie w tym celu poliamin, takich jak agmatyna, putrescyna, spermidyna, spermina lub kadaweryna. Są to regulatory wzrostu wydzielane niemal we wszystkich procesach wzrostu i rozwoju. Występują

szczególnie w dużej ilości w kwiatach wielu roślin. Są wydzielane również w reakcjach na warunki stresowe [Scholten 1998]. Zwiększenie ich wydzielania zaobserwowano też przed i w trakcie tworzenia kalusa oraz podczas organogenezy i somatycznej embriogenezy u wielu gatunków roślin. Stwierdzono między innymi, że początek embriogenezy u selera naciowego (*Apium graveolens* var. *dulce* [Mill.] Pers.) charakteryzuje się dużą zawartością putrescyny i cytokinin, podczas gdy zmniejszenie syntezy putrescyny i cytokinin oraz zwiększenie ilości spermidyny i sperminy towarzyszy rozwojowi zarodka i transformacji go w roślinę. W celu zbadania wpływu poliamin na przebieg gynogenezy u cebuli, z baldachów pobrano młode kwiaty na 3-5 dni przed dojrzewaniem pyłku i wyłożono na pożywkę indukcyjną zawierającą od 0 do 2,0 mM putrescyny. Po 15 dniach przepasażowano je na pożywkę regeneracyjną zawierającą 0 lub 0,1 mM spermidyny. Zastosowanie putrescyny i spermidyny okazało się bardzo korzystne dla rozwoju zarodków i co bardzo istotne, pozwoliło na ich pomyślną transformację w rośliny [Martínez i in. 2000]. Wyniki innych badań nad indukcją gynogenezy u cebuli wykazały, że na wydajność tego procesu zasadniczy wpływ ma genotyp. U 28 przebadanych linii hodowlanych uzyskano wydajność od 0 do 11%. Nie stwierdzono też w tym przypadku wpływu poliamin [Adamus i Chachłowska 2012]. Próby indukowania tworzenia haploidów na drodze gynogenezy w niezapylonych zalążniach cebuli wykazały też, że na efektywność znaczący wpływ ma stan rośliny donorowej i warunki w jakich rośnie, a mniejsze znaczenie odgrywa w tym przypadku genotyp [Ivchenko i in. 2005].

Badania nad możliwością uzyskania haploidów w wyniku androgenozy w kulturach izolowanych mikrospor przeprowadzono również na 13 polskich odmianach kapusty głowistej białej (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*). Wyniki jednoznacznie wykazały, że najważniejszym czynnikiem decydującym o efektywności procesu jest genotyp. Najsłabiej reagująca odmiana tworzyła zaledwie 1 zarodek na 100 pąków kwiatowych, podczas gdy najlepszy wynik to 185 zarodków na 100 pąków. Średnio w doświadczeniu uzyskano wydajność rzędu 41 zarodków na 100 pąków. Zaobserwowano też różną reakcję poszczególnych odmian na skład zastosowanych pożywek indukujących [Adamus i Samek 2012].

Podwojenie liczby chromosomów pozwala uzyskać istotne skrócenie czasu potrzebnego na wyprowadzenie linii homozygotycznych, szczególnie przydatnych w tworzeniu odmian mieszańcowych. W tym celu stosowane są różne metody. Jedną z nich jest przetestowana na haploidach ogórka metoda bezpośredniej regeneracji z mikroskrawków juwenilnych liści. W badaniach przeprowadzonych przez Faris i in. [2000] mikroskrawki o powierzchni 2-3 mm² pobierane były z pierwszego i drugiego juwenilnego liścia. Mikrosadzonki zregenerowane z pierwszego liścia były w 100% haploidalne, jednak z mikroskrawków drugiego otrzymano 28,2% podwojonych haploidów. Podwojenie liczby chromosomów ogórka można indukować również kolchicyną, jednak w tym przypadku bardzo ważny jest sposób jej aplikacji. Nakrapianie 0,1% roztworem kolchicyny bezpośrednio na merystem wierzchołkowy okazało się metodą skuteczniejszą, w porównaniu z moczeniem eksplantatów pędowych przez 2 godziny w takim samym roztworze kolchicyny lub dodawaniem jej do pożywki, na której inkubowano następnie eksplantaty pędowe przez 48 godzin [Nikolova i Niemirowicz-Szczytt 1996].

W pracy nad podwajaniem liczby chromosomów u haploidów cebuli skuteczne okazało się również stosowanie kolchicyny, jednak w tym przypadku przetestowano jedynie metodę inkubowania fragmentów pędu przez 3 dni na pożywce zawierającej 0,1% tego związku, co skutkowało uzyskaniem 46% podwojonych haploidów [Geoffriau i in. 1997].

Tworzenie mieszańców somatycznych

W tradycyjnej hodowli jednym z podstawowych narzędzi było krzyżowanie, stosowane między innymi w celu wprowadzania nowych, korzystnych, cennych cech, dotychczas niekojarzonych z daną odmianą. Znaczny postęp w pracach hodowlanych nastąpił w XX wieku, kiedy odkryte zostało zjawisko heterozji. O zjawisku tym można mówić wtedy, gdy pierwsze pokolenie potomstwa (F_1) uzyskanego po skrzyżowaniu dwóch linii homozygotycznych wykazuje większy wigor, intensywniejszy i szybszy rozwój, większą plenność i produkcję biomasy niż miało to miejsce u roślin rodzicielskich [Birchler i in. 2003]. Odmiany będące mieszańcami somatycznymi postrzegane są jako znacznie bardziej atrakcyjne od ustalonych, gdyż pozwalają osiągnąć wyższy plon, o lepszej jakości i większym stopniu wyrównania [Górecka i in. 2012]. W tradycyjnej produkcji nasion mieszańców heterozygotycznych bardzo istotne jest, aby u linii matecznej nie doszło do samozapylenia. W tym celu w przypadku gatunków samopylnych niezbędnym zabiegiem było ręczne kastrowanie kwiatów żeńskich. Obecnie bardzo dobrym udogodnieniem jest wyprowadzanie linii matecznych męskosterylnych, które takich zabiegów nie wymagają, jednak nie można ich rozmnażać generatywnie. W tym przypadku zastosowano kultury tkankowe, znacznie ułatwiające ich rozmnażanie dla potrzeb hodowli nasiennej. Jednak w ostatnich latach, konieczne stało się wprowadzanie do genomów uprawnych odmian całkiem nowych, bardzo pożądanых cech, takich jak odporność na choroby i szkodniki oraz lepsze przystosowanie do warunków środowiskowych. W konwencjonalnych metodach krzyżowania, bazujących na rozmnażaniu generatywnym istnieje sporo barier, które znacznie ograniczają efekt końcowy. Z jednej strony w takiej sytuacji nie dochodzi do przenoszenia informacji genetycznej rośliny ojcowskiej zawartej w organellach, takich jak chloroplasty i mitochondria, gdyż organelle cytoplazmatyczne większości roślin wyższych dziedziczone są z organizmu matki [Landgren i Glimelius 1990]. Kolejnym problemem jest często brak możliwości dowolnego krzyżowania ze sobą różnych, często nawet blisko ze sobą spokrewnionych gatunków z tego samego rodzaju i niemożność krzyżowania międzyrodzajowego [Kemble i in. 1986, Kisaka i Kameya 1994]. W tym przypadku bardzo ważnym i przyszłościowym narzędziem, pozwalającym na często odległe krzyżowanie i uwzględniającym dziedziczenie genomów cytoplazmatycznych od obu organizmów rodzicielskich jest tworzenie mieszańców somatycznych w wyniku fuzji protoplastów. Technika ta jest również bardzo cenna dla badań mechanizmów dziedziczenia cytoplazmatycznego i rekombinacji genomów cytoplazmatycznych oraz generowania nowych interakcji między jądrem komórkowym a cytoplazmą [Kisaka i Kameya 1994, Bastia i in. 2001, Orczyk i in. 2003].

Fuzja protoplastów to bardzo efektywna metoda przenoszenia na przykład cech odporności na wirusy do puli genowej ziemniaka uprawnego. Dzikie gatunki z rodzaju *Solanum* często mają odporność albo tolerancję na różne patogeny i szkodniki i są też przystosowane do różnych warunków klimatycznych i glebowych. Cechy te są niezwykle cenne dla odmian uprawnych, jednak między ziemniakiem uprawnym a gatunkami dzikimi występuje często zbyt silna bariera, całkowicie uniemożliwiająca ich generatywne krzyżowanie. Stosując fuzję protoplastów możliwe stało się przekazanie uprawnym odmianom ziemniaka odporność na wirusy, bakterie i grzyby oraz szkodniki poprzez fuzję z gatunkami *Solanum bulbocastanum*, *S. phureja* i *S. pinnatisetum*, z kolei fuzja protoplastów z *S. nigrum* pozwoliła uzyskać bardzo pożądaną odporność na zarazę ziemniaka [Orczyk i in. 2003], a z *S. brevidens* odporność na wirusa liściozwoju

ziemniaka PIRV [Kemle i in. 1986]. Niestety, jednym z problemów związanych z tą metodą ulepszania odmian uprawnych ziemniaka jest często bardzo słabe plonowanie uzyskanych mieszańców, gdyż nie wszystkie dzikie ziemniaki są skłonne do tuberyzacji. Dokładnie na ponad 900 gatunków z rodzaju *Solanum*, zaledwie 235 jest zdolna do tworzenia bulw [Orczyk i in. 2003]. Z tego powodu ważne jest dokładne wcześniejsze badanie gatunku wybranego do hodowli zarówno pod kątem jego odporności na wirusy jak i zdolności do tuberyzacji [Rokka i in. 1995]. Inną interesującą propozycją praktycznego wykorzystania możliwości, jakie daje fuzja protoplastów jest wprowadzanie do genomu uprawnych odmian ziemniaka większej tolerancji na warunki środowiskowe, a szczególnie na chłód. Tworzący bulwy gatunek *Solanum commersonii* znosi spadki temperatury nawet do $-11,5^{\circ}\text{C}$, podczas gdy odmiany uprawne giną w temperaturze -3°C . Badania w tym przypadku zostały uwieńczone częściowym sukcesem, gdyż mieszańce nie tylko zyskały odporność na ujemne temperatury, ale dodatkowo charakteryzowały się znacznie większym wigorem, w porównaniu z gatunkami wyjściowymi. Niestety część z nich produkowała nieplodny pyłek [Cardi i in. 1993].

Innym ważnym gospodarczo gatunkiem z rodzaju *Solanum* jest oberżyna. Uzyskane w wyniku fuzji protoplastów hybrydy z należącym do tego samego rodzaju gatunkiem *S. sisymbriifolium* były odporne na nicienie i przędziorki, a z *S. torvum* – odporne na wędnięcie fuzaryjne, jednak nie kwalifikowały się one do dalszych prac hodowlanych ze względu na sterylność pyłku. Pozytywne efekty uzyskano tworząc hybrydy z bliżej spokrewnionym dzikim gatunkiem *S. aethiopicum*, który ze względu na dużą odporność na bakteriozy i wędnięcie fuzaryjne bardzo często wykorzystywany jest jako podkładka do szczepienia oberżyny. Większość mieszańców plonowała bardzo obficie i jednocześnie tworzyła płodny pyłek [Daunay i in. 1993].

Transformacje genetyczne

Tworzenie organizmów genetycznie modyfikowanych to obecnie szeroko stosowana technologia, pozwalająca na ulepszanie gatunków i odmian roślin uprawnych. Umożliwia ona zmianę smaku, zwiększenie tolerancji na suszę, niską i wysoką temperaturę, zasolenie, czy też wprowadzenie odporności na wirusy i zwiększenie trwałości przechowalniczej. Transformację najczęściej uzyskuje się infekując tkanki bakteriami *Agrobacterium tumefaciens* lub *A. rhizogenes* [Pavlova i in. 1998]. Skuteczna procedura transferu genów zależy głównie od wieku transformowanych kultur, rodzaju eksplantatów, szczepów *Agrobacterium* i warunków regeneracji transformowanych komórek [Velcheva i in. 2005].

Zmiana smaku owoców ogórka, polegająca na zwiększeniu jego słodkości, szczególnie pożądanej w odmianach sałatkowych, jest możliwa poprzez wprowadzenie genu kodującego słodkie białko traumatynę. Jednocześnie transformacja ta spowodowała zwiększenie intensywności zapachu owoców i większej tolerancji roślin na mączniaka rzekomego. Podobna transformacja genomu pomidora zwiększyła też znacznie słodkość owoców, co szczególnie poprawia atrakcyjność smakową linii odmian z cechą opóźnionego dojrzewania. Co ciekawe jako efekt niezamierzony osiągnięto odporność na wirusa brązowej plamistości liści TSWV. Zwiększenie tolerancji na niską temperaturę jest szczególnie cenne w przypadku roślin ciepłolubnych, u których spadek ilości i jakości plonu następuje w temperaturach poniżej 14°C . Wprowadzając gen kodujący białko dehydrynowe DHN24 u ogórka i pomidora można uzyskać rośliny bardziej odporne na niskie temperatury powietrza [Bartoszewski i in. 2010].

W transformacjach genetycznych można wykorzystać mechanizmy chroniące rośliny przed stresem i drobnoustrojami chorobotwórczymi. Substancjami, których synteza wzrasta często przy kontakcie roślina-patogen są fitoaleksyny. Za produkcję należącego do tej grupy substancji trans-resveraktolu odpowiada enzym syntazy stylbenu. Udowodniono wcześniej, że przeniesienie genów syntazy stylbenu z winorośli (*Vitis vinifera* L.) do tytoniu spowodowało wyraźny wzrost odporności na wywołującą szarą pleśń *Botrytis cinerea*. W związku z tym za pośrednictwem *Agrobacterium tumefaciens* przeniesiono dwa geny syntazy stylbenu z winorośli do pomidora. U zregenerowanych roślin obserwowano akumulację trans-resveraktolu po inokulacji *Phytophthora infestans* i w wyniku tego znaczny wzrost odporności na zarazę ziemniaka. Akumulacja trans-resveraktolu następowała także po inokulacji *Botrytis cinerea* i *Alternaria solani*, jednak nie zaobserwowano wzrostu odporności na szarą pleśń i alternariozę [Thomzik i in. 1997].

Solanum tuberosum ssp. *andigena* L. to lokalna odmiana ziemniaka powszechnie uprawiana w regionie Andów, głównie ze względu na jej doskonałe dostosowanie do warunków środowiskowych, ale też dla walorów kulinarnych. Wadą tej odmiany jest słabe plonowanie, dlatego podjęto próby transformacji za pośrednictwem *Agrobacterium* w kierunku zwiększenia możliwości plonotwórczych. Zasadniczym problemem jest jednak mała jak dotychczas efektywność transformacji i regeneracji [Banerjee i in. 2006].

Prace w kierunku transformacji melona kantalupy (*Cucumis melo* var. *cantalupensis* L.) jak dotąd nie zostały uwieńczone sukcesem. Najczęściej uzyskiwane są rośliny tetraploidalne, które dają niski, niehandlowy plon, a ich owoce dodatkowo są podatne na pęknięcie. Obecnie badania nad transformacją melona nastawione są przede wszystkim na opracowanie prostego i wydajnego systemu regeneracji, pozwalającego uzyskać dużą ilość linii diploidalnych [Guis i in. 2000].

Rośliny strączkowe, a szczególnie groch (*Pisum sativum* L.) uważane są za wyjątkowo odporne na techniki transformacji z zastosowaniem szczepów *Agrobacterium*. W celu zwiększenia efektywności selekcji transgenicznych roślin proponuje się inkubowanie kultur na pożywce z aminoglikozydowym antybiotykiem kanamycyną, jednak skuteczność tej metody w dużym stopniu zależy od genotypu [Grant i in. 1998]. Inną ważną rośliną strączkową jest ciecierzycę pospolitą (*Cicer arietinum* L.), będącą podstawą wyżywienia w Indiach, Australii i wielu krajach Afryki. Plonowanie tej rośliny ograniczają znacznie choroby grzybowe oraz owady *Helicoverpa armigera* i *Heliothis virescens*, które składają jaja w pąkach kwiatowych, a ich larwy żerując uszkadzają średnio 22-35% strąków. W tym przypadku opracowanie skutecznej i efektywnej techniki transformowania, wprowadzającej odporność na owady staje się bardzo ważne, szczególnie, że tradycyjne metody hodowlane okazują się nieskuteczne. Zasadniczym problemem jest brak odpowiednich zasobów genowych, gdyż cech odporności nie mają nawet dzikie gatunki spokrewnione z ciecierzycą [Sanyal i in. 2005].

Brak odporności na owady z gatunku *Helicoverpa armigera* staje się problemem również w uprawie pomidora, gdyż żerujące w rozwijających się owocach larwy znacznie obniżają ilość plonu handlowego. Technika transformacji genetycznej pozwoliła na skuteczne wprowadzenie do wielu odmian pomidora genu odpowiedzialnego za wytwarzanie toksycznych dla owadów z rzędu *Lepidoptera* protein. Są one identyczne z tymi, które wytwarza *Bacillus thuringiensis* [Mandaokar i in. 2000].

Kapusta pekińska (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis* [Lour.] Hanelt) jak wiele innych roślin z rodziny *Brassicaceae* jest bardzo podatna na porażenie wirusem mozaiki rzepy

TuMV, co znacznie pogarsza jej plonowanie. W zwalczaniu choroby metody chemiczne okazują się całkowicie nieefektywne, a uzyskane dotychczas somatyczne hybrydy wykazują wprawdzie odporność, jednak są bardzo mało atrakcyjne pod względem smaku i zapachu. Podjęte próby transformowania kapusty pekińskiej zostały uwieńczone sukcesem i udało się uzyskać odmiany odporne na wirusa mozaiki rzepy [Zhandong i in. 2007].

Uwalnianie roślin od patogenów

Coraz większym problemem w rozmnażaniu i uprawie warzyw staje się często wręcz masowe porażenie materiału roślinnego przez patogeny, szczególnie wirusy, co głównie znacznie zmniejsza plonowanie, ale też sprawia inne poważne trudności. Prace hodowlane u wielu gatunków roślin bywają znacznie utrudnione i pracochłonne, z powodu silnie zdegenerowanego materiału wyjściowego. Utrzymywanie roślin wykorzystywanych w hodowli zarówno twórczej, jak i zachowawczej tradycyjnymi metodami wymaga stosowania różnorodnych schematów utrzymywania obszarów ściśle odizolowanych i wolnych od wektorów wirusów, co sprawia, że tradycyjne metody stają się bardzo trudne i kosztowne [Ucman i in. 1998, Koleva-Gudeva i in. 2007]. Jedną z powszechniej wykorzystywanych metod eliminacji wirusów *in vitro* jest termoterapia stosowana w przypadku merystemów wierzchołkowych lub tkanki kalusowej. Na ogół stosuje się podwyższoną temperaturę 36°C w dzień i 30°C nocą przez okres od 4 do 8 tygodni, jednak dobierając zakres temperatur należy uwzględnić optymalną temperaturę dla wzrostu danego gatunku i maksymalną, którą ten gatunek jest w stanie tolerować. W przypadku niektórych wirusów stosuje się również temperatury niskie, od 1 do 5°C, przy jednoczesnym ograniczeniu ilości światła. Inną metodę zwalczania drobnoustrojów w kulturach tkankowych stanowi chemioterapia. Przykładowo do zwalczania bakterii systemicznych można stosować kwas acetylosalicylowy. Skuteczne zwalczanie wirusów można uzyskać stosując ribawirynę, która przeciwdziała replikacji wirusów i uszkadza ich strukturę, nie wykazując jednocześnie działania fitotoksycznego. Łącząc ze sobą trzy metody, a mianowicie izolację merystemów, termoterapię i chemioterapię można uzyskać bardzo wysoką skuteczność eliminacji wirusów. Zwalczanie bakterii systemicznych można prowadzić też metodą antybiotykoterapii, która wymaga dokładnego określenia gatunku bakterii oraz przeprowadzenia testu jej wrażliwości na antybiotyki [Zenkteler 1998].

W przypadku karczocha, który nie tylko jest warzywem przeznaczonym do spożycia, ale też ważnym surowcem dla farmacji, uzyskanie roślin wolnych od patogenów systemicznych wymaga zakładania kultur *in vitro* z merystemów wierzchołkowych [Brutti i in. 2000].

Chrzan (*Armoracia rusticana* G. Gaertn., B. Mey. et Sherb.) należy do warzyw wieloletnich rozmnażanych wegetatywnie z sadzonek korzeniowych. Roślina ta jest bardzo łatwo porażana przez wirus mozaiki rzepy, który powoduje znaczne spadki plonu, nawet do 40%, a jednocześnie jest bardzo trudny do eliminacji w wyniku termoterapii i chemioterapii. Pozytywne rezultaty uzyskano stosując podobnie jak u karczocha kultury merystemów, a następnie mnożenie zdrowych roślin *in vitro* na skutek organogenezy przybyszowej z eksplantatów liściowych [Górecka i in. 1995].

Czosnek (*Allium sativum* L.) jest bardzo ważną rośliną przyprawową i surowcem farmaceutycznym. Ze względu na brak tworzenia nasion rozmnażany jest wyłącznie wegetatywnie, co niestety powoduje bardzo silne porażenie materiału rozmnożeniowego

i upraw przez wirusy i inne patogeny. Szczególnie groźny dla czosnku jest wirus żółtej karłowatości cebuli OYDV. Celem uzyskania elitarnych, wolnych od patogenów linii czosnku proponuje się stosowanie termoterapii *in vitro*, w połączeniu z kulturami merystemów. Metoda ta polega na posadzeniu ząbków czosnku w sterylnym podłożu i poddaniu działaniu temperatury 30°C przez 7 dni, a następnie 36°C przez 35 dni. Po tym czasie izoluje się w sterylnych warunkach merystemy długości 0,3-0,6 mm mające 1-2 primordia liściowe. Zregenerowane rośliny zostały przetestowane w kierunku obecności patogenów. Stwierdzono, że przeżywalność po termoterapii była wysoka, gdyż wynosiła 90-95%, a co najważniejsze, wirusy zostały usunięte. Zaobserwowano też znacznie mniej porażeń przez bakterie i grzyby. Jediną wadą tej metody uwalniania czosnku od patogenów jest znaczne zmniejszenie współczynnika rozmnożenia po termoterapii [Ucman i in. 1998].

Rozmnażany wegetatywnie ziemniak bardzo często porażany jest przez wirus wrzecionowatości bulw ziemniaka PSTV oraz bakterię *Erwinia carotovora*, będącą przyczyną mokrej zgnilizny ziemniaka. Jedynymi metodami uzyskania zdrowego materiału dla prac hodowlanych oraz produkcji nasiennej jest izolowanie *in vitro* merystemów pobieranych z kielków wyrastających z bulw albo z wierzchołków wzrostu roślin, a następnie poddawanie termoterapii przez okres 4 tygodni w temperaturze od 33 do 37°C. Czasami przy silnym porażeniu materiału wyjściowego stosuje się dodatkowo chemioterapię lub antybiotykoterapię [Zaklukiewicz i in. 1995].

Kolejną rośliną bardzo podatną na porażenie przez wirusy jest papryka, szczególnie na wirus mozaiki tytoniu, wirus mozaiki ogórka CMV i brązowej plamistości liści pomidora. W przypadku papryki przeprowadzono mało badań w kierunku uwalniania od wirusów poprzez kultury merystemów, dlatego nadal kwestia ta pozostaje otwarta [Kato i in. 2004].

Przechowywanie zasobów genowych

Coraz częściej badania w kulturach tkankowych zaczynają dotyczyć opracowywania metody długotrwałego przechowywania materiału roślinnego, który może być w razie potrzeby wykorzystywany w hodowli i nasiennictwie. Interesującą metodą ochrony zasobów genowych odmian ziemniaka jest produkcja mikrobulw w kulturach *in vitro*. W odpowiednich warunkach kultury następuje tworzenie bulw nie tylko na stolonach mikrosadzonek, ale również przekształcanie pąków kątowych w powietrzne mikrobulwy [Lopez-Delgado i Scott 1997]. Indukowanie ich tworzenia nie jest do końca wyjaśnione. Wiadomo jednak, że temu zjawisku sprzyja wysokie stężenie (powyżej 5%) sacharozy w pożywce. Długo brakowało jednak wyjaśnienia roli sacharozy w tym procesie. Badania przeprowadzone przez Khuri i Moorby [1995] wskazują, że sacharoza oddziałuje w tym przypadku jako łatwo przyswajalne źródło węgla organicznego, zdolne do przemiany w skrobię odkładaną w mikrobulwach, ale też wywołuje w kulturze stymulującą mikrotuberyzację szok osmotyczny. Wyniki innych badań sugerują, że proces tuberyzacji *in vitro* może być związany z regulatorami wzrostu. Wiadomo na przykład, że hamujące na ten proces wpływają gibereliny, podczas gdy inhibitory syntezy giberelin i cytokininy oddziałują stymulująco. Prawdopodobne jest też stymulujące mikrotuberyzację działanie związków zbliżonych do jasmonianów. Badania prowadzone z zastosowaniem w pożywce kwasu salicylowego i acetylosalicylowego wykazały, że substancje te, zastosowane w odpowiednich stężeniach, mogą stymulować

tworzenie mikrobulw zarówno na stolonach, jak i na całych mikrosadzonkach [Lopez-Delgado i Scott 1997].

Przechowywanie zasobów genowych cennych odmian roślin uprawnych w warunkach konwencjonalnej kultury *in vitro* polega głównie na częstym, regularnym pasażowaniu, co pociąga za sobą dużą ilość pracy i znacznie zwiększa koszt. Możliwość długiego przechowywania materiału roślinnego stanowi wobec tego atrakcyjną alternatywę, jednak wymaga zahamowania wzrostu i rozwoju mikrosadzonek, z jednoczesnym zachowaniem wysokiej ich jakości. Niska temperatura powszechnie stosowana w celu zachowania wysokiej jakości pozbiorczej produktów ogrodnich i materiału rozmnożeniowego *in vivo*, w przypadku kultur *in vitro* może powodować redukcję jakości i słaby wzrost po przeniesieniu do normalnych warunków termicznych, co szczególnie jest widoczne przy przechowywaniu w ciemności. Wywołuje to spadek zawartości chlorofilu w liściach, zrzucanie liści i utratę węglowodanów zapasowych. Stwierdzono, że przechowywanie fotoautotroficznych kultur brokuła (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) w temperaturze 5°C w słabym świetle o natężeniu napromienienia kwantowego rzędu $2,0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, czyli na poziomie punktu kompensacji świetlnej, w którym tempo fotosyntezy równoważy oddychanie, pozwala zachować zdolności regeneracyjne oraz suchą masę na niezmiennym poziomie. Jednak dalsze podobne badania z zastosowaniem ciemności i światła o różnej barwie pozwoliły wyjaśnić rolę nie tylko ilości, ale też jakości światła w kulturach tkankowych. Wyniki pozwalają stwierdzić, że przechowywane w niskiej temperaturze fotoautotroficzne kultury brokuła wymagają oświetlenia, które zapobiega utracie suchej masy, węglowodanów zapasowych i zdolności regeneracyjnych, a także umożliwia wysoką przeżywalność w trakcie aklimatyzacji. Światło czerwone i niebieskie nie powinno być stosowane ze względu na wywoływanie spadku zawartości chlorofilu w liściach i nadmierne stymulowanie wydłużania pędu [Kubota i in. 1997].

Bez zastosowania obniżonej temperatury trudno jest osiągnąć długą przeżywalność sztucznych nasion ziemniaka utworzonych poprzez kapsułkowanie jednowęzłowych fragmentów pędu w pożywce MS z dodatkiem 3% alginianu sodu. Inkubacja w świetle powyżej 3 dni skutkowałą dużym spadkiem przeżywalności [Sarkar i Naik 1998 b].

Za najlepszą metodę długoterminowego przechowywania materiału roślinnego pochodzącego z kultur tkankowych uważa się obecnie krioprezerwację wierzchołków wzrostu w ciekłym azocie o temperaturze -196°C, co przede wszystkim gwarantuje brak zmian w jakości i wysoki stopień stabilności genetycznej. Istotne jest, że taka technika przechowywania nie wymaga angażowania dużych powierzchni i nie jest bardzo kosztowna. Prace nad metodami krioprezerwacji ziemniaka rozpoczęto już na początku lat 70. ubiegłego stulecia i opracowano wiele metod zarówno powolnego, jak i superszybkiego schładzania przeznaczonego do przechowywania materiału [Sarkar i Naik 1998 a]. Wyniki wielu badań jednoznacznie wykazują, że dla osiągnięcia dobrych wyników, szczególnie pod względem przeżywalności i zachowania zdolności regeneracyjnych, bardzo ważne jest dokładne określenie właściwego tempa schładzania jak również procedur chroniących komórki przed uszkodzeniami. Przeznaczony do zamrażania materiał powinien być poddany działaniu roztworów o wysokim osmotikum, dzięki czemu następuje odwodnienie komórek i zmiany w cytoplazmie, która w efekcie zawierać będzie mniej wody wolnej, a więcej związanej. W tym celu stosowane są roztwory cukrów, między innymi sorbitolu, mannitolu, glicerolu lub sacharozy. Cukier wywołuje witrifikację cytoplazmy, zapobiegając krystalizacji wody w trakcie zamrażania. Obecnie najczęściej stosowane są technika witrifikacji i technika kapsułkowania-dehidratacji

[Mikuła i Rybczyński 2006]. Dla większości zbadanych gatunków najlepsze efekty osiąga się, zamrażając zakapsułkowane w alginianie sodu i poddane dehydratacji w roztworze cukrów wierzchołki wzrostu, gdyż w przypadku stosowania innych technik regeneracja po rozmrożeniu musi być prowadzona poprzez fazę kalusa, co znacznie może obniżyć stabilność genetyczną [Sarkar i Naik 1998a].

PODSUMOWANIE

Narzędzia biotechnologiczne są szeroko wykorzystywane dla potrzeb współczesnego warzywnictwa. W pracy przedstawiono przebieg i wyniki części badań, dotyczących ponad 20 gatunków roślin warzywnych, przeprowadzonych w ostatnich latach w Polsce i na świecie. Wskazują one niezbicie, że w tej dziedzinie zrobiono już wiele, ale na wiele pytań jeszcze nie znaleziono odpowiedzi. Ważne jest, aby metody biotechnologiczne stworzyły ogromne perspektywy dla hodowli warzyw, umożliwiając tworzenie odmian o nowych, cennych cechach użytkowych, takich jak barwa, smak, zapach, wartość odżywcza, odpornych na choroby i szkodniki. Pozwoli to w znaczący sposób ograniczać stosownie pestycydów, bardziej tolerancyjnych na niesprzyjające dla nich dotąd warunki środowiskowe, co z kolei rozszerzy zakres ich uprawy oraz przyczyni się do większej trwałości przechowalniczej, z jednej strony ułatwiającej ich przechowywanie, a z drugiej przedłużającej dostępność na rynku świeżych warzyw długi czas po ich zbiorach. Bardzo ważnym jest również fakt, że dzięki narzędziom stosowanym w biotechnologii możliwe stało się skuteczne uwalnianie roślin od patogenów systemicznych, a zwłaszcza wirusów. Dzięki temu nie tylko można znacznie ograniczyć powodowane porażeniem roślin straty w plonach, ale też dzięki dostępowi do zdrowych zasobów genowych znacznie usprawnić prace związane z hodowlą twórczą i zachowawczą. Dzięki biotechnologii możliwe stało się długotrwałe i niewymagające dużych przestrzeni przechowywanie zasobów genowych.

LITERATURA

- Adamus A., Chachlowska D., 2012. Research on the gynogenesis of bulb onion (*Allium cepa* L.). *BioTechnologia* 93(2), 222.
- Adamus A., Samek L., 2012. Effect of selected factors on the androgenesis in microspore cultures of white cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). *BioTechnologia* 93 (2), 228.
- Afreen-Zobayed F., Zobayed S.M.A., Kubota C., Kozai T., Hasegawa O., 2000. A combination of vermiculite and paper pulp supporting material for the photoautotrophic micropropagation of sweet potato. *Plant Sci.* 157, 225-231.
- Banerjee A.K., Prat S., Hannapel D.J., 2006. Efficient production of transgenic potato (*S. tuberosum* L. ssp. *andigena*) plants via *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation. *Plant Sci.* 170, 732-738.
- Baroja-Fernández E., Aguirreolea J., Martínková H., Hanuš J., Strnad M., 2002. Aromatic cytokinins in micropropagated potato plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 40, 217-224.
- Bartoszewski G., Szwacka M., Czarny M., Niemirowicz-Szczytt K., Malepszy S., 2010. Wybrane aspekty transformacji genetycznej ogórka, pomidora i papryki. *Biotechnologia* 4(91), 146-154.
- Bastia T., Scotti N., Cardi T., 2001. Organelle DNA analysis of *Solanum* and *Brassica* somatic hybrids by PCR with 'universal primers'. *Theoretical and Applied Genetics* 102, 1265-1272.

- Birchler J.A., Auger D.L., Riddle N.C., 2003. In Search of the Molecular Basis of Heterosis. The Plant Cell 15(10), 2236-2239.
- Brutti C., Apóstolo N.M., Ferrarotti S.A., Llorente B.E., Krymkiewicz N., 2000. Micropropagation of *Cynara scolymus* L. employing cyclodextrins to promote rhizogenesis. Scientia Horticulturae 83, 1-10.
- Cardi T., D'Ambrosio F., Consoli D., Pivite K.J., Ramulu K.S., 1993. Production of somatic hybrids between frost-tolerant *Solanum commersonii* and *S. tuberosum*: characterization of hybrid plants. Theoretical and Applied Genetics 87, 193-200.
- Chuda A., Malaga S., Adamus A., 2012. *In vitro* rooting of carrot (*Daucus carota* L.). BioTechnologia 93 (2), 192.
- Daunay M.C., Chaput M.H., Sihachakr D., Allot M., Vedel F., Ducreux G., 1993. Production and characterization of fertile somatic hybrids of eggplant (*Solanum melongena* L.) with *Solanum aethiopicum* L. Theoretical and Applied Genetics 85, 841-850.
- Dumas de Valux, R., Chambbonet, D., Pochard, E., 1981. Culture in vitro d'antères de piment (*Capsicum annuum* L.): amélioration des taux d'obtention de plantes chez différents génotypes par des traitements à +35°C. Agronomie 1(10), 859-864.
- Estrada-Luna A.A., Davies F.T. Jr., 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi influence water relations, gas exchange, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capsicum annuum*) plantlets during acclimatization and postacclimatization. Journal of Plant Physiology 160, 1073-1083.
- Faris N.M., Rakoczy-Trojanowska M., Malepszy S., Niemirowicz-Szczytt K., 2000. Diploidization of cucumber (*Cucumis sativus* L.) haploids by *in vitro* culture of leaf explant. Progress in Biotechnology 17, 49-54.
- Gałązka J., Wroniewicz R., Niemirowicz-Szczytt K., 2012. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) microspore isolation and *in vitro* culture conditions. BioTechnologia 93(2), 225.
- Geoffriau E., Kahane R., Bellamy C., Rancillac M., 1997. Ploidy stability and *in vitro* chromosome doubling in gynogenic clones of onion (*Allium cepa* L.) Plant Sci. 122, 201-208.
- Głowacka B., 2004a. Mikorozmnażanie pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) w świetle o różnej barwie. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis 239 (95), 103-108.
- Głowacka B., 2004b. Wpływ barwy światła na namnażanie mikrosadzonek pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Biotechnologia 2(65), 168-175.
- Górecka K., Krzyżanowska D., Glapś T., Górecki R., Macias W., Jankiewicz S., 1995. Czy mikorozmnażanie warzyw jest interesujące dla producentów roślin *in vitro*. Mat. z Konf. Nauk. „Rozmnażanie roślin *in vitro*”, Skierniewice, 17-21.
- Górecka K., Krzyżanowska D., Górecki R., Glapś T., 1994. Zwiększenie intensywności rozmnażania pomidora *in vitro* zmodyfikowaną metodą dekapitacji siewek. Prace Ogrodu Botanicznego PAN 5(6), 299-304.
- Górecka K., Krzyżanowska D., Górecki R., Glapś T., 1996. Zwiększenie intensywności rozmnażania pomidora *in vitro* zmodyfikowaną metodą dekapitacji siewek. Mat. Ogólnopolskiego Sympozjum „Nowe rośliny i technologie w ogrodnictwie Poznań 154-156.
- Górecka K., Krzyżanowska D., Górecki R., Kowalska U., Kiszczak W., 2012. Androgenesis *in vitro* in vegetable plants and its potential for use in breeding. BioTechnologia 93(2), 218.
- Górecka K., Krzyżanowska D., Kiszczak W., Górecki R., 2005. Embryo induction in anther culture of *Daucus carota* L. Vegetable Crops Research Bulletin 63, 26-32.
- Grant J.E., Cooper P.A., Gilpin B.J., Hoglund S.J., Reader J.K., Pither-Joyce M.D., Timmerman-Vaughan G.M., 1998. Kanamycin is effective for selecting transformed peas. Plant Sci. 139, 159-164.
- Guis M., Amor M.B., Latché A., Pech J.-C., Roustan J.-P., 2000. A reliable system for the transformation of cantaloupe charentais melon (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*) leading to a majority of diploid regenerants. Scientia Horticulturae 84, 91-99.
- Ivchenko T., Montuid P., Yarovoy G., 2005. Influence of growing condition and the level of onion (*Allium cepa* L.) donor material on inducement frequency of gynogenic plants. Vegetable Crops Research Bulletin 62, 61-66.

- Katoh N., Yui M., Sato S., Shirai T., 2004. Production of virus-free plants from virus-infected sweet pepper by in vitro grafting. *Scientia Horticulturae* 100, 1-6.
- Kemble R.J., Barsby T.L., Wong R.S.C., Shepard J.F., 1986. Mitochondrial DNA rearrangements in somatic hybrids of *Solanum tuberosum* and *Solanum brevidens*. *Theoretical and Applied Genetics* 72, 787-793.
- Khan H., Siddique I., Anis M., Khan P.R., 2011. In vitro organogenesis from internode derived callus cultures of *Capsicum annuum* L. *J. Plant Biochemistry and Biotechnology* 20(1), 84-89.
- Khuri S., Moorby J., 1995. Investigations into the Role of Sucrose in Potato cv. Estima Microtuber Production *in vitro*. *Annals of Botany* 75, 295-303.
- Kieffer M., Fuller M.P., Jellings A.J., 1995. Rapid mass production of cauliflower propagules from fractionated and graded curd. *Plant Sci.* 107, 229-235.
- Kieffer M., Simkins N., Fuller M.P., Jellings A.J., 2001. A cost effective protocol for in vitro mass propagation of cauliflower. *Plant Sci.* 160, 1015-1024.
- Kielkowska A., Adamus A. 2010. *In vitro* culture of unfertilized ovules in carrot (*Daucus carota* L.). *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 102, 309-319.
- Kintzios S., Stavropoulou Er., Skamneli S., 2004. Accumulation of selected macronutrients and carbohydrates in melon tissue cultures: association with pathways of in vitro dedifferentiation and differentiation (organogenesis, somatic embryogenesis). *Plant Sci.* 167, 655-664.
- Kisaka H., Kameya T., 1994. Production of somatic hybrids between *Daucus carota* L. and *Nicotiana tabacum*. *Theoretical and Applied Genetics* 88, 75-80.
- Kiszczał W., Górecka K., 2012. Comparison of methods for obtaining doubled haploids of carrot. *BioTechnologia* 93(2), 227.
- Kitaya Y., Fukuda O., Kozai T., Kirdmanee C., 1995. Effects of light intensity and lighting direction on the photoautotrophic growth and morphology of potato plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae* 62, 15-24.
- Koleva-Gudeva L. R., Spasenoski M., Trajkova F., 2007. Somatic embryogenesis in pepper anther culture: The effect of incubation treatments and different media. *Scientia Horticulturae* 111, 114-119.
- Komai F., Okuse I., Harada T., 1996. Somatic embryogenesis and plant regeneration in culture of root segments of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Plant Sci.* 113, 203-208.
- Kozai T., Watanabe K., Jeong B.R., 1995. Stem elongation and growth of *Solanum tuberosum* L. in vitro in response to photosynthetic photon flux, photoperiod and difference in photoperiod and dark period temperatures. *Scientia Horticulturae* 64, 1-9.
- Kubota C., Rajapakse N.C., Young R. 1997. Carbohydrate status and transplant quality of micro-propagated broccoli plantlets stored under different light environments. *Postharvest Biology and Technology* 12, 165-173.
- Kumar V., Gururaj H.B., Prasad N., 2005. Direct shoot organogenesis on shoot apex from seedling explants of *Capsicum annuum* L. *Scientia Horticulturae* 106, 237-246.
- Landgren M., Glimelius K., 1990. Analysis of chloroplast and mitochondrial segregation in three different combinations of somatic hybrids produced within *Brassicaceae*. *Theoretical and Applied Genetics* 80, 776-784.
- Lopez-Delgado H., Scott I.M., 1997. Induction of *In Vitro* Tuberization of Potato Microplants by Acetylsalicylic Acid. *J. of Plant Physiology* 151, 74-78.
- Mandaokar A.D., Goyal R.K., Shukla A., Bisaria S., Bhalla R., Reddy V.S., Chaurasia A., Sharma R.P., Altosaar I., Kumar P.A., 2000. Transgenic tomato plants resistant to fruit borer (*Helicoverpa armigera* Hubner). *Crop Protection* 19, 307-312.
- Martínez L.E., Agüero C.B., López M.E., Galmarini C.R., 2000. Improvement of in vitro gynogenesis induction in onion (*Allium cepa* L.) using polyamines. *Plant Sci.* 156, 221-226.
- Mikula A., Rybczyński J., 2006. Krioprezervacja narzędziem długoterminowego przechowywania komórek, tkanek i organów pochodzących z kultur *in vitro*. *Biotechnologia* 4(75), 145-163.

- Mohamed M.A.-H., Alsadon A.A., 2010. Influence of ventilation and sucrose on growth and leaf anatomy of micropropagated potato plantlets. *Scientia Horticulturae* 123, 295-300.
- Morone F.I., Ruta C., Castrignanò A., Saccardo F., 2005. The effect of mycorrhizal symbiosis on the development of micropropagated artichokes. *Scientia Horticulturae* 106, 472-483.
- Murashige T., Skoog F., 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum* 15, 473-497.
- Nikolova V., Niemirowicz-Szczytt K., 1996. Diploidization of cucumber (*Cucumis sativus* L.) haploids by colchicines treatment. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 65 (3, 4), 311-317.
- Orczyk W., Przetakiewicz J., Nadolska-Orczyk A., 2003. Somatic hybrids of *Solanum tuberosum* - application of genetics and breeding. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 74, 1-13.
- Pavlova Z.B., Malyshev N.V., Kravchenko L.V., Chmelev V., Lutova L.A., 1998. Response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to *Agrobacterium* as a means of probing their endogenous hormone levels. *Plant Sci.* 133, 167-176.
- Peddaboina V., Thamida C., Karampuri S., 2006. In vitro shoot multiplication and plant regeneration in four *Capsicum* species using thidiazuron. *Scientia Horticulturae* 107, 117-122.
- Prakash N., de Fossard R.A., 1977. The initiation, rooting and establishment of cortical buds in cauliflower. *Acta Horticulturae* 78, 243- 248.
- Raś M., Gałęcka T., Korzeniewska A., Niemirowicz-Szczytt K., 2007. Rozwój haploidów i podwojonych haploidów z partenokarpicznych odmian ogórka (*Cucumis sativus* L.). Naturalna i indukowana zmienność w genetycznym doskonaleniu roślin ogrodnich. Wyd. Uczeln. Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, 105-110.
- Rogozińska J., Drozdowska L., 1997. Tworzenie kwiatów i owoców papryki w kulturach *in vitro*. *Ogrodnictwo* 5, 17-19.
- Rokka Y.-M., Valkonen J.P.T., Pehu E., 1995. Production and characterization of haploids derived from somatic hybrids between *Solanum brevidens* and *S. tuberosum* through anther culture. *Plant Sci.* 112, 85-95.
- Sanyal I., Singh A.K., Kaushik M., Amla D.V., 2005. *Agrobacterium*-mediated transformation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) with *Bacillus thuringiensis cry1Ac* gene for resistance against pod borer insect *Helicoverpa armigera*. *Plant Sci.* 168, 1135-1146.
- Sarkar D., Naik P.S., 1998a. Cryopreservation of Shoot Tips of Tetraploid Potato (*Solanum tuberosum* L.) Clones by Vitrification. *Annals of Botany* 82, 455-461.
- Sarkar D., Naik P.S., 1998b. Synseeds in potato: an investigation using nutrient -encapsulated in vitro nodal segments. *Scientia Horticulturae* 73, 179-184.
- Scholten H.J., 1998. Effect of polyamines on the growth and development of some horticultural crops in micropropagation. *Scientia Horticulturae* 77, 83-88.
- Selvaraj N., Vasudevan A., Manickavasagam M., Kasthuriengan S., Ganapathi A., 2007. High frequency shoot regeneration from cotyledon explants of cucumber via organogenesis. *Scientia Horticulturae* 112, 2-8.
- Shigeta J., Sato K., Tanaka S., Nakayama M., Mii M., 1996. Efficient plant regeneration of asparagus by inducing normal roots from in vitro multiplied shoot explants using gellan gum and glucose. *Plant Sci.* 113, 99-104.
- Thomzik J. E., Stenzel K., Stöcker R., Schreier P.H., Hain R., Stahl D.J., 1997. Synthesis of a grapevine phytoalexin in transgenic tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) conditions resistance against *Phytophthora infestans*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 51, 265-278.
- Ucman R., Žel J., Ravnika M., 1998. Thermotherapy in virus elimination from garlic: influence on shoot multiplication from meristems and bulb formation in vitro. *Scientia Horticulturae* 73, 193-202.
- Vandemoortele J.-L., Kevers C., Billard J.-P., Gaspar T., 2001. Osmotic pretreatment promotes axillary shooting from cauliflower curd pieces by acting through internal cytokinin level modifications. *J. of Plant Physiology* 158, 221-225.

- Velcheva M., Faltin Z., Flaishman M., Eshdat Y., Perl A., 2005. A liquid culture system for *Agrobacterium*-mediated transformation of tomato (*Lycopersicon esculentum* L. Mill.) Plant Sci. 168, 121-130.
- Wiśniewska A., Grabowska A., Pietraszewska-Bogiel A., Tagashira N., Zuzga S., Wóycicki R., Przybecki Z., Malepszy S., Filipecki M., 2012. Identification of genes up-regulated during somatic embryogenesis of cucumber. Plant Physiology and Biochemistry 50, 54-64.
- Wolf S., Kalman-Rotem N., Yakir D., Meira Z., 1998. Autotrophic and Heterotrophic Carbon Assimilation of *in vitro* Grown Potato (*Solanum tuberosum* L.) Plants. J. of Plant Physiology 153, 574-580.
- Zaklukiewicz K., Turska E., Sekrecka D., Jędrzejowska E., 1995. Technologia mikrorozmnażania roślin ziemniaka, produkcja minibulw oraz ich wykorzystanie w hodowli i nasiennictwie. Instytut Ziemniaka Bonin. Instrukcja wdrożeniowa 2(95), 4.
- Zambre M., Geerts P., Maquet A., Van Montagu M., Dillen W., Angenon G., 2001. Regeneration of Fertile Plants from Callus in *Phaseolus polyanthus* Greenman (Year Bean). Annals of Botany 88, 371-377.
- Zenkter E., 1998. Współczesne metody wykrywania i eliminowania drobnoustrojów podczas mikrorozmnażania. Biotechnologia 1(40), 149-165.
- Zhandong Y., Shuangyi Z., Qiwei H., 2007. High level resistance to *Turnip mosaic virus* in Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis* (Lour) Olsson) transformed with the antisense Nlb gene using marker-free *Agrobacterium tumefaciens* infiltration. Plant Sci. 172, 920-929.
- Zobayed S.M.A., Armstrong J., Armstrong W., 1999. Cauliflower shoot-culture: effects of different types of ventilation on growth and physiology. Plant Sci. 141, 209-217.
- Zobayed S. M. A., Armstrong J., Armstrong W., 2001. Micropropagation of Potato: Evaluation of Closed, Diffusive and Forced Ventilation on Growth and Tuberization. Annals of Botany 87, 53-59.

ODDZIAŁYWANIA WZAJEMNE ROŚLIN W AGROCENOZACH

Lech Gałęzewski, Iwona Jaskulska, Mariusz Piekarczyk, Piotr Wasilewski

Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Oddziaływania wzajemne między komponentami agrofitycenozy wynikają z właściwości biologicznych tworzących ją roślin, warunków siedliskowych oraz rolniczej i pozarolniczej działalności człowieka. Jednym z podstawowych rodzajów wzajemnego oddziaływania organizmów w biocenozie, w tym agrofitycenozie, jest konkurencja. Decyduje ona w znacznym stopniu o wykorzystaniu elementów siedliska i środków produkcji oraz o ilości i jakości plonów. Zabiegi agrotechniczne mają na celu stworzenie w łanie warunków sprzyjających roślinie uprawnej zarówno w wymiarze czynników abiotycznych, jak i interakcji między biotycznymi komponentami siedliska. Poprzez nawożenie i nawadnianie ogranicza się konkurencję o wodę i składniki pokarmowe. Zagęszczenie łanu wpływa natomiast na konkurencję o światło. Stosowanie herbicydów ma na celu wyeliminowanie współzawodnictwa ze strony chwastów.

Ekonomiczne i środowiskowe aspekty uprawy roślin skłaniają do ograniczania nakładów przemysłowych środków produkcji. W tym świetle poznanie potencjału konkurencyjnego roślin w różnych warunkach przyrodniczych i agrotechnicznych oraz kierunkowe wykorzystanie tej wiedzy warunkują powodzenie upraw, zwłaszcza w systemie rolnictwa integrowanego i ekologicznego. W pracy przedstawiono aktualny stan wiedzy dotyczącej konkurencji w agrofitycenozach i możliwości regulacji jej intensywności.

MIARY KONKURENCJI

Aktualnie dostępnych jest wiele różnych miar szacowania oddziaływań wzajemnych roślin na polach uprawnych, w lasach i innych ekosystemach. Badania nad konkurencją w agrofitycenozach prowadzone są na podstawie dwóch schematów: substytucyjnego i addytywnego. Schematy te odnoszą zagęszczenie roślin w siewie łącznym dwóch gatunków do siewów czystych czy zbiorowisk roślin uprawnych i chwastów. Schemat doświadczalny odnoszący wyniki do siewów czystych skutkuje jednak tym, że miara międzygatunkowej konkurencji jest standaryzowana przez nieznanne rozmiary konkurencji wewnątrzgatunkowej. Nieszacowane są również inne wpływy niż konkurencyjne. Rośliny rosnące w izolacji mogą być przecież bardziej narażone na ryzyko stresu, który może być łagodzony w obecności sąsiadów. W schemacie addytywnym obsada roślin w mieszance lub zbiorowisku jest sumą obsad poszczególnych roślin. W schemacie substytucyjnym suma obsad roślin w siewach czystych obu gatunków i w ich mieszance jest taka sama. Mieszanek tworzą rośliny w dobranych w momencie siewu proporcjach, najczęściej po połowie. Poznanie potencjału konkurencyjnego oddziaływania poszczególnych gatunków agrofitycenozy oraz genotypów w ich obrębie, np. odmian uprawnych, pozwala wykorzystać tę wiedzę do celów użytkowych. Umożliwia to chociażby racjonalne komponowanie mieszanek czy walkę z chwastami. Literatura przedmiotowa dostarcza wielu wskaźników opisujących zjawisko współzawodnic-

twą. W przeglądowym artykule Weigelt i Jolliffe [2003] zestawili i poddali dyskusji naukowej ponad 50 wskaźników używanych w badaniach konkurencji między roślinami. Autorzy twierdzą, iż matematyczne wskaźniki, tworzone poprzez zestawienie kilku najważniejszych parametrów roślin, mogą pomóc w zobrazowaniu i interpretacji skutków konkurencji między roślinami w doświadczeniach dotyczących tego zjawiska, jak i w łąkach roślin uprawnych. Wskaźniki te muszą uwzględniać warunki środowiskowe i proporcje ilościowe współwystępujących roślin. W badaniach krajowych nad konkurencją korzysta się głównie z opracowanych kilkadziesiąt lat temu, lecz powszechnie jeszcze używanych wskaźników efektów konkurencji LER (Land Equivalent Ratio) [Willey i Osiru 1972, Mead i Willey 1980] oraz RY (Relative Yield) [de Wit 1960, de Wit i Van den Bergh 1965, Keddy i in. 1994]. Pierwszy jest stosunkiem powierzchni wymaganej przez określone gatunki uprawiane w siewie czystym do powierzchni potrzebnej do uprawy współrzędnej tych roślin przy takim samym plonie. Drugi jest stosunkiem plonu danego gatunku uzyskanego w siewie mieszanym do plonu, jaki uzyskano w siewie czystym z jednakowych powierzchni. Rudnicki i Kotwica [2007] zaproponowali metodę, która pozwala ocenić nie tylko ogólny efekt konkurencji między dwoma gatunkami, ale również konkurencyjne oddziaływanie pojedynczej rośliny.

Wszystkie wspomniane wcześniej miary oddziaływań wzajemnych opierają się na relacji uzyskiwanego plonu lub biomasy konkurujących roślin. Odnoszą się one najczęściej do dwóch gatunków roślin i dobrze opisują interakcje zachodzące między roślinami uprawnymi w zasiewach mieszanych. W mieszkankach poprzez normę wysiewu stosunkowo łatwo można regulować proporcje ilościowe konkurentów i określać plon. Miary te stosuje się również do opisu zależności roślina uprawna – gatunek chwastu, a niektóre do porównania ogólnej oceny efektu zachwaszczenia na roślinę uprawną i jej konkurencyjności względem chwastów. Lemerle i in. [2001] uznają, że lepszą miarą oceny wpływu roślin uprawnych na chwasty jest zdolność ich zagłuszania niż poziom redukcji biomasy. Jednak zdaniem Hunta [1982] przez stosowanie kilku różnych miar konkurencji można lepiej scharakteryzować to zjawisko niż na podstawie jednego prostego wskaźnika. W niektórych przypadkach badacze opowiadają się przeciw używaniu wskaźników w ogóle i zamiast tego zalecają użycie funkcji gęstości plonu i analizy regresji [Weigelt i Jolliffe 2003].

Trudność badań konkurencji roślin uprawnych i chwastów wynika z niekontrolowanego oraz zmiennego w zależności od warunków siedliskowych i agrotechnicznych zbiorowiska chwastów. W łąkach pojawia się wiele gatunków roślin segetalnych, ale rozwijają się te, które skutecznie konkurują z rośliną uprawną. Rudnicki i Jaskulski [2006] przedstawili model doświadczenia polowego w badaniach nad konkurencją wzajemną pomiędzy rośliną uprawną a chwastami w agrofitycenozie. Autorzy opracowali wskaźniki służące ocenie skutków tych oddziaływań. Wskaźniki te oparte są na podstawie względnych różnic liczby osobników, ilości biomasy i wielkości cech biometrycznych roślin. Pozwalają zatem określić i porównać reakcje rośliny uprawnej na zachwaszczenie, reakcje poszczególnych gatunków i zbiorowiska chwastów na konkurencję rośliny uprawnej oraz ocenić konkurencję wzajemną rośliny uprawnej i chwastów. Sposób określania poszczególnych wskaźników oddziaływania konkurencyjnego umożliwia porównanie efektów tych wpływów u różnych gatunków, w różnych fazach rozwojowych i w odniesieniu do różnych organów rośliny.

ODDZIAŁYWANIA WZAJEMNE ZBÓŻ I CHWASTÓW

Szerokie spektrum gatunków chwastów, których diaspory znajdują się w glebowym banku nasion i duża plastyczność w przystosowaniu się do różnych i zmiennych warunków siedliskowych decydują o ich potencjale konkurencyjnym. Oddziaływanie roślin uprawnych na chwasty zależy natomiast nie tylko od ich właściwości biologicznych, ale także od agrotechniki [Seibert i Pearce 1993, Liebman i Davis 1999].

Dobrzański i Adamczewski [2009], cytując liczną literaturę, wskazują korzystne oddziaływanie chwastów w agrofloceniezie, choć ich obecność w agroekosystemach wiąże się z wymiernymi stratami ekonomicznymi [Froud-William 2002]. Konkurencja ze strony chwastów jest na tyle silna, że nieograniczanie ich występowania w krótkim czasie może powodować ich przewagę nad roślinami uprawnymi [Kwiecińska-Poppe 2006]. Siła oddziaływania konkurencyjnego zbiorowiska segetalnych na rośliny uprawne zależy m.in. od: liczby gatunków, łącznej liczby osobników i ich masy oraz pokrycia powierzchni. Duży potencjał konkurencyjny chwastów wobec roślin uprawnych wynika z mnogości gatunków, ekotypów i form o zróżnicowanych wymaganiach siedliskowych oraz ich plenności [Lutman 2002, Grundy i in. 2004]. Skutki wzajemnych oddziaływań konkurencyjnych są wynikiem biologicznych właściwości chwastów oraz biologii i agrotechniki rośliny uprawnej, np. owies głuchy – chwast o dużym potencjale konkurencyjnym względem zbóż ma mniejszą zdolność współzawodniczenia w pobieraniu składników pokarmowych niż jęczmień jary [Parylak 2003, Parylak i Zawieja 2003]. Dlatego uprawie poszczególnych roślin towarzyszy zbiorowisko chwastów segetalnych, złożone z gatunków zdolnych do skutecznego konkutowania. Przykładem gatunków wysoce konkurencyjnych względem pszenicy ozimej są głównie chwasty ozime lub zimujące, które rozpoczynają vegetację wraz z nią (*Apera spica-venti*, *Centaurea cyanus*, *Tripleurospermum inodorum*, *Galium aparine*, *Veronica persica*) [Jędruszczak i in. 2004]. Ponadto chwasty o dużej sile konkurencyjnej cechują się na ogół większą dynamiką przyrostu biomasy, niż roślina uprawna, a skutki tego oddziaływania są tym większe, im wolniejszy jest początkowy wzrost rośliny uprawnej. Z tych powodów chwasty szybko zyskują dominację w uprawie warzyw, roślin strączkowych, a wśród zbóż – w uprawie kukurydzy [Evans i in. 2003]. O przewadze konkurencyjnej roślin segetalnych w łanie decyduje często system korzeniowy. Umożliwia on akumulację większej ilości składników pokarmowych w jednostce biomasy organów nadziemnych niż u roślin uprawnych. Większa transpiracja zmniejsza natomiast dostępność wody dla konkurentów [Parylak 1997, Zawislak i Kostrzevska 2000b, d]. Zatem dla osiągnięcia przewagi konkurencyjnej roślina musi z jednej strony rozbudować system korzeniowy skutecznie konkurujący o składniki mineralne i wodę, z drugiej strony – część nadziemną umożliwiającą rozwój aparatu asymilacyjnego zdolnego do konkurencji o światło i wydania nasion. Stąd w warunkach konkurencji długość korzeni jest większa niż u roślin nieobjętych konkurencją międzygatunkową [Craine 2006].

Dobór gatunków i odmian roślin uprawnych do warunków siedliskowych, sposób uprawy oraz wykorzystanie zjawiska allelopatii pozwalają zwiększyć ich konkurencyjność względem chwastów. Wśród roślin tego samego gatunku można wyselekcjonować genotypy charakteryzujące się różnym potencjałem konkurencyjnym. W zasiewach jednogatunkowych roślin uprawnych powinny być preferowane odmiany silnie konkurujące z chwastami. W zasiewach mieszanych należy zwracać uwagę na dobór gatunków i odmian o stosunkowo małym potencjale konkurencyjnym względem siebie, a dużym względem chwastów. Zboża mają duży, choć zależny od gatunku i odmiany

potencjał konkurencyjny względem chwastów, a literatura podejmująca ten problem jest liczna. Wyniki doświadczeń Rudnickiego i Jaskulskiego [2006] pozwalają stwierdzić, że konkurencyjny wpływ pszenicy jarej i jęczmienia jarego na chwasty, w tym na komosę białą (*Chenopodium album*), był znacznie większy niż chwastów na zboża. Jęczmień okazał się natomiast gatunkiem mniej wrażliwym na oddziaływanie chwastów niż pszenica. Rozkrzewione rośliny pszenicy o dużych, szerokich liściach potrafią skutecznie konkurować z chwastami o światło i składniki pokarmowe. Bardziej konkurencyjne względem chwastów są gatunki i odmiany zbóż charakteryzujące się szybkim początkowym wzrostem, dużym rozmiarem siewek, silnie krzewiące się i o długim dobrze ulistnionym źdźbłę [Klem i Vanova 2000, Korres i Froud-Williams 2002, Zimdahl 2004, Haliniarz 2010]. Autorzy wskazują, że wysokość rośliny uprawnej ma większe znaczenie w ograniczaniu zachwaszczenia niż wartość indeksu liściowego LAI. Z wyników badań Feldyn-Szewczyk i Duer [2005] wynika jednak, że pszenica ozima odmiany 'Mewa', cechująca się dużą powierzchnią liści i ich długą żywotnością także silnie oddziaływała na chwasty. Według Lemerle i in. [1996] najbardziej konkurencyjne odmiany pszenic jarych odznaczają się wysoką akumulacją biomasy w początkowym okresie wzrostu, dobrym krzewieniem, dużą powierzchnią liści i długim źdźbłem. Odmiany takie jednak silniej wylegają niż krótkosłome.

Zdaniem Parylak i in. [2006] wśród odmian poszczególnych gatunków roślin uprawnych znajdują się genotypy o silnym oddziaływaniu na chwasty, jednak w rejestrach odmian brak jest takich informacji. Autorzy ci postulują, aby wyselekcjonowane wysoce konkurencyjne odmiany były włączane jako materiały do programów hodowlanych. Konkurencyjność istniejących odmian wobec chwastów powinna być jednym z kryteriów oceny ich wartości gospodarczej (WGO), tak jak to jest w przypadku odporności na choroby i szkodniki. Spełnienie postulatu włączenia kryterium konkurencyjności odmian roślin uprawnych względem chwastów do oceny ich wartości gospodarczej może być jednak trudne ze względu na brak dopracowanego standardu badań nad konkurencją.

O potencjale konkurencyjnym roślin uprawnych względem chwastów decydują nie tylko dynamika wzrostu i cechy morfologiczne, ale także potencjał allelopatyczny. Wiele roślin uprawnych wydziela związki, które ograniczają kiełkowanie i dalszy wzrost chwastów. Zdolność taką, i to często znacznie większą, mają również rośliny segetalne [Khalid i in. 2002], np. inhibicyjnie na chwasty oddziałują egzometabolity wydzielane przez zboża, takie jak: jęczmień [Zoheir i in. 2007], żyto i pszenicę [Perez i Ormeno-Nunez 1991], owies [Kato-Noguchi i in. 1994], sorgo [Cheema i in. 2003] oraz rośliny dwuliścienne np. przez grykę [Iqbal i in. 2003] czy słonecznik [Kamal i Bano 2008]. Duży potencjał allelopatyczny ma także liczna grupa chwastów. Takimi właściwościami wśród jednoliściennych cechują się np. *Agropyron repens* [Piskorz 2002], *Apera spica-venti* [Kwiecińska-Poppe 2006], a wśród dwuliściennych np. chwasty z rodzaju *Artemisia* [Dayan i in. 1999], *Centaurea* [Weir i in. 2009] oraz niektóre gatunki: *Capsella bursa pastoris*, *Stellaria media* [Jezierska-Domaradzka i Kuźniewski 2007]. Potencjał allelopatyczny chwastów dwuliściennych jest na ogół większy niż jednoliściennych [Duer 1996].

Warunki i skutki oddziaływania pomiędzy roślinami uprawnymi a chwastami zależą w dużym stopniu od elementów agrotechniki. Konkurencyjność roślin uprawnych względem chwastów zwiększa się wraz z gęstością ich siewu. Na ogół wraz z rosnącą obsadą zbóż zmniejsza się biomasa chwastów. W zwartym, gęstym łanie biomasa chwastów ulega redukcji, a jej maksimum występuje wcześniej, tj. w początkowych

fazach rozwojowych zbóż [Wilson i in. 1995, Korres i Froud-Williams 2002, Kapeluszny 2004, Khan i Marwat 2006, Krawczyk 2008]. Wielkość i struktura zbiorowiska chwastów w agrofitorozwoju zależą także od zmianowania roślin uprawnych. Wyniki badań Zawislak i Kostrzewskiej [2000a, b, c, d] wskazują, że w monokulturach zbóż rozwijają się i silnie z nimi konkurują gatunki chwastów o podobnym jak roślin zbożowych cyklu rozwojowym. W monokulturowej uprawie żyta ich liczebność była nawet 3,3-krotnie, a biomasa 4,8-krotnie większa niż w płodozmianie. Stwierdzono, że kumulacja składników pokarmowych w biomasie chwastów była 2-6-krotnie większa niż w życie. W monokulturze tej rośliny chwasty pobrały 34,8%, a w płodozmianie – 9,6% wszystkich makroelementów.

ODDZIAŁYWANIA WZAJEMNE ROŚLIN UPRAWNYCH W SIEWACH MIESZANYCH

Obserwacje zjawisk zachodzących w naturalnych siedliskach były z pewnością inspiracją do współrzędnej uprawy gatunków i odmian roślin uprawnych. Główną tego przesłanką jest lepsze wykorzystanie zasobów siedliska przez rośliny o różnych właściwościach biologicznych. Pomimo że wcześniej wiedza wynikała głównie z obserwacji przyrody, to wiele spostrzeżeń było trafnych i pozwalało właściwie komponować mieszanki. Świadczy o tym choćby zalecenie: „Należy [...] takie tylko uprawiać rośliny w zmieszaniu, których korzenie sobie nawzajem nie przeszkadzają i nie zawadzają [...]. Pierwsze w wierzchniej, drugie w niższej warstwie szukają pokarmów, zmieszane jedno z drugim, wspierać się tylko będą wzajemnie” [Stefan z Bronowa 1873]. Zasadniczym problemem agroekologicznym i trudnością agrotechniczną jest stworzenie w łanie warunków równie korzystnych dla różnych, nawet odległych taksonów roślin uprawnych i wyrównanie szans konkurencyjnych między nimi [Rudnicki 1999]. Kluczowym jest dobór gatunków tak, aby oddziaływania między nimi umożliwiły uzyskanie zakładanego efektu, tj.: wysokich plonów o dobrej jakości i powtarzalnych w latach.

Wyniki współczesnych badań dowodzą, że rośliny różnych gatunków uprawiane współrzędnie lepiej wykorzystują czynniki wzrostu niż w siewach czystych [Jensen 1996, Hauggaard-Nielsen i in. 2001]. Przewaga mieszanki nad siewami czystymi wynika z różnych właściwości fizjologicznych oraz morfologii części nadziemnych i podziemnych roślin wchodzących w jej skład. Skutkuje to większą efektywnością wykorzystania zasobów środowiska, tj. wody, składników pokarmowych i światła [Ofori i Stern 1987, Fukai i Trenbath 1993]. Nie zawsze jednak zakładany efekt ujawnia się, gdyż na interakcję międzygatunkową, oprócz biologii roślin, duży wpływ mają agrotechnika i przebieg pogody.

Wyniki licznych prac wskazują, że konkurencja międzygatunkowa w zasiewach mieszanych zaczyna się już od najwcześniejszych faz rozwojowych. Ma ona charakter asymetryczny, zmieniający się w trakcie sezonu wegetacji. W efekcie udział biomasy lub nasion poszczególnych komponentów w plonie jest wypadkową reakcji gatunków na współwystępowanie w mieszance, modyfikowanej warunkami agrotechnicznymi i siedliskowymi.

Już w fazie kiełkowania rośliny wpływają na siebie, choć nie są to na ogół oddziaływania konkurencyjne o składniki pokarmowe, gdyż w tym czasie korzystają one z substancji zapasowych zgromadzonych w nasionach. Konkurują jednak ze sobą o pierwszeństwo zajęcia stanowiska. W tej fazie często ma miejsce oddziaływanie allelopatyczne [Jaskulski 1996]. W okresie wschodów większą dynamikę wzrostu

wykazują korzenie roślin niż ich części nadziemne. Oddziaływania konkurencyjne między korzeniami początkowo są bardziej intensywne niż między częściami nadziemnymi, co wynika z różnicy ich biomasy. Intensywność konkurencji korzeniowej zależy od zasobów wody i azotu w glebie [Sattore i Snajdon 1992, Sobkowicz 2005, Lamb i in. 2007]. Nasilenie konkurencji międzygatunkowej zmienia się w kolejnych fazach rozwojowych, co powoduje zmiany liczby i masy poszczególnych osobników, ich organów oraz plonu. Wynika to z biologii wzrostu i rozwoju konkurentów, warunków siedliskowych i elementów agrotechniki. Treder i in. [2008a, b] dowodzą, że sucha masa pszenicy w mieszance z jęczmieniem, w stosunku do uprawy jednogatunkowej, ulegała postępującej redukcji od fazy krzewienia do kłoszenia, obejmując w zbliżonym stopniu źdźbła, liście i kłosa. Pszenica z kolei ujemnie oddziaływała na przyrost nadziemnej biomasy jęczmienia w fazach krzewienia, kłoszenia i dojrzewania. Także Michalska i in. [2008], badając oddziaływania między grochem a jęczmieniem oraz Wanic i in. [2007] między grochem a jęczmieniem i pszenicą, wskazują na różne skutki konkurencji w zależności od fazy rozwojowej i zasobności siedliska.

Ważnym elementem agrotechniki roślin uprawnych, kształtującym warunki i efekty oddziaływań konkurencyjnych w zasiewach mieszanych, jest gęstość siewu, a w konsekwencji – obsada roślin. W łanach jednogatunkowych zboża występują w znacznie większym zagęszczeniu niż rośliny strączkowe. Uwzględniając powyższe komponent zbożowy mieszanki wysiewa się na ogół kilkakrotnie gęściej niż strączkowy. Gałęzewski [2010b] silną asymetrię konkurencji między owsem i łubinem w mieszankach tłumaczy większą obsadą rośliny zbożowej – gatunku dominującego, choć potencjał konkurencyjny pojedynczej rośliny łubinu żółtego względem owsa okazał się większy niż pojedynczej rośliny owsa względem łubinu. Siła konkurencji międzygatunkowej zależała jednak od nasilenia rywalizacji wewnątrzgatunkowej i proporcji wysiewu gatunków w mieszankach. W mieszankach pojedyncze rośliny owsa były tym silniejszymi konkurentami dla roślin łubinu, im silniejsza była rywalizacja między roślinami strączkowymi, a mniejsza między roślinami owsa. Pojedyncze rośliny łubinu były tym silniejszymi konkurentami dla owsa, im silniejsza była rywalizacja między roślinami owsa, a mniejsza między roślinami łubinu. Efekty tych oddziaływań były ponadto silnie modyfikowane przez warunki wodne siedliska [Gałęzewski 2010a]. Intensywność konkurencji owsa względem łubinu wzrastała nie tylko wraz ze zwiększającą się obsadą rośliny zbożowej, ale także w warunkach niedoboru wody. W mieszance składającej się z 10 roślin owsa oraz 5 roślin łubinu i jednocześnie przy dużej wilgotności gleby potencjały konkurencyjne pojedynczych roślin obu gatunków były symetryczne. Konkluzja ta potwierdziła wyniki wcześniejszych badań Rudnickiego i Kotwicy [2007].

W większości siedlisk składniki pokarmowe, ze względu na ich ograniczoną ilość, są przedmiotem konkurencji. Wyniki badań wskazują jednak, że im bardziej zasobne stanowisko, tym różnica biomasy między roślinami dominującymi i zdominowanymi jest większa. Zatem nawet w zasobnych stanowiskach dochodzi do silnej konkurencji. Ba i in. [2008] stwierdzili, że konkurencja między dwoma gatunkami traw w stanowisku uboższym w składniki pokarmowe była mniejsza niż w zasobnym. Podobnie Michalska i in. [2008] dowodzą, że konkurencja korzeniowa pomiędzy roślinami grochu i jęczmienia jarego na glebie ciężkiej była silniejsza niż części pędowych, natomiast na glebie lekkiej – odwrotnie.

Nie mniej ważnym czynnikiem siedliskowym, będącym przedmiotem konkurencji roślin w łanie, jest światło i nie dotyczy to tylko fotosyntezy, ale także asymilacji azotu

atmosferycznego. Proces wiązania N_2 przez rośliny wymaga efektywnego procesu fotosyntezy, toteż rośliny bobowate muszą mieć dobry dostęp do światła [Merbach i Schelling 1980]. Ross i in. [2003, 2005], badając oddziaływania konkurencyjne w mieszance owsa wysiewanego w różnej gęstości z koniczyną aleksandryjską (*Trifolium alexandrinum* L.) stwierdzili, iż owies był komponentem panującym w mieszkankach, nawet gdy występował w małej obsadzie. Jego dominacja wzrastała wraz z gęstością siewu. Koniczyna rosnąca w towarzystwie 60 roślin owsa na m^2 otrzymywała zaledwie 24% światła docierającego do powierzchni łąnu. Spowodowało to zmniejszenie koncentracji białka w suchej masie, a jego produkcja w tej mieszance wyniosła tylko 14-32% w porównaniu z siewami czystymi. Zajac [1993] stwierdził, iż wsiewanie koniczyny czerwonej w jęczmień jary skutkuje 5-krotnym zmniejszeniem powierzchni jej liści, 17-krotną redukcją masy oraz aż 35-krotnym zmniejszeniem współczynnika liściowego (LAI) w stosunku do siewu czystego. Tak silną presję rośliny ochronnej na koniczynę autor tłumaczy wysokim LAI jęczmienia w fazie kłoszenia ($6,1 m^2 \cdot m^{-2}$) i redukcją ilości światła fotosyntetycznie aktywnego w łąnie. Dlatego przy doborze rośliny ochronnej ważny jest jej indeks liściowy, gdyż decyduje on o ilości światła docierającego do roślin wsiewanych.

Gatunki o szybkim tempie wzrostu mają większą zdolność do pozyskiwania biogenów i światła, pierwsze zajmują wolną przestrzeń, co stawia je w korzystnej sytuacji w dalszej konkurencji o limitowane czynniki siedliskowe [Sobkowicz 2003]. Stąd w mieszkankach zbożowych jęczmień, cechujący się dużą dynamiką wzrostu, jest gatunkiem dominującym [Treder i in. 2008a, b]. Z kolei w mieszkankach zbożowo-strączkowych komponent zbożowy zyskuje przewagę konkurencyjną. Przyczyną tego jest wolne tempo początkowego wzrostu roślin z rodziny bobowatych, które w fazie 2-3 liści są infekowane przez bakterie brodawkowe. Do momentu nawiązania właściwej symbiozy oddziaływanie bakterii ma charakter pasożytnictwa, a wzrost rośliny zostaje zahamowany. Ostateczny wynik konkurencji zależy także od wielu innych uwarunkowań biologicznych współwystępujących gatunków. O względnie dobrym tolerowaniu przez łubin pszenżyta jarego lub żyta jarego, gorszym jęczmienia jarego, a znacznie gorszym owsa w mieszkankach świadczą wyniki badań Kotwicy i Rudnickiego [2003], Rudnickiego i Kotwicy [1999], Wendy-Piesik i Rudnickiego [2000].

Mackenzie i in. [2002] twierdzą, że konkurencja międzygatunkowa jest tym silniejsza, im bardziej pokrywają się nisze współzawodniczących gatunków. Jednak w mieszkankach zbożowych i zbożowo-strączkowych teza ta wydaje się nie mieć potwierdzenia. Gatunki zbóż należą do jednej rodziny – wiechlinowatych, mają podobną budowę morfologiczną, a efekt konkurencji międzygatunkowej nie jest tak silny jak w przypadku mieszanek zbożowo-strączkowych. W uprawie współrzędnej zbóż negatywna reakcja komponentów mieszanki na swoje sąsiedztwo sięga kilku do kilkudziesięciu procent względem siewów czystych. W mieszkankach zbożowo-strączkowych, w których oba komponenty różnią się znacznie pod względem wymagań środowiskowych, tempa wzrostu i morfologii, rośliny bobowate często niemal całkowicie wypierane są z łąnu, zwłaszcza w warunkach niedoboru wody w glebie. Silna asymetria konkurencji na niekorzyść cenniejszego komponentu strączkowego jest w wielu przypadkach główną przyczyną niepowodzenia takiego sposobu uprawy.

Zmienny skład botaniczny plonu uniemożliwia jego standaryzację paszową i utrudnia bilansowanie dawek żywieniowych. Z tego względu w europejskim intensywnym rolnictwie współrzędne, różnogatunkowe uprawy nie znalazły powszechnego zastosowania [Theunissen 2004]. Jednak upatruje się w nim realizacji założeń o zwięk-

szeniu bioróżnorodności w polowej produkcji roślinnej. Toteż mieszanki są postrzegane jako ważny element w systemie gospodarowania ekologicznego (*organic farming*) [Knudsen i in. 2004].

PODSUMOWANIE

Reasumując, należy stwierdzić, że w agrofitycenozie – podobnie jak w zbiorowiskach naturalnych – zachodzą liczne wzajemne oddziaływania ekologiczne pomiędzy jej komponentami. Głównym sposobem oddziaływania jest konkurencja. W agroekosystemie warunki i efekty konkurencji są w dużym stopniu kontrolowane przez rolnika. Służą temu działania agrotechniczne, przystosowujące czynniki siedliskowe do wymagań roślin uprawnych. W takich warunkach – mimo silnej presji konkurencyjnej chwastów – rośliny uprawne dominują w agrofitycenozie. W zwartym ich łanie uwidacznia się jednak silna konkurencja wewnątrzgatunkowa. Jest ona przyczyną zróżnicowania osobników, wypadania roślin, samoprzerzedzania się łanów. Lepsze wykorzystanie zasobów siedliska przez rośliny o zróżnicowanej biologii w zasiewach wielogatunkowych, leżące u podstaw uprawy mieszanek, nie w pełni realizuje oczekiwania produkcyjne. Warunki, a zwłaszcza efekty równoległe wówczas występującej konkurencji wewnątrz- i międzygatunkowej, uwikłanej ponadto w interakcje z czynnikami siedliskowymi i elementami agrotechniki są trudne do przewidzenia. Uniemożliwia to planowanie, zwłaszcza jakościowego poziomu plonów. Niewątpliwym walorem, podkreślanym w wielu badaniach nad mieszankami roślin uprawnych, jest natomiast stabilizacja plonowania w zróżnicowanych warunkach gospodarowania. Przewidywanie, chociażby częściowe, skutków konkurencji w agrofitycenozie poprzez znajomość wpływu na nie genotypu, proporcji i gęstości siewu oraz innych elementów agrotechniki i czynników siedliskowych może być podstawą tworzenia tańszych i proekologicznych technologii uprawy.

LITERATURA

- Ba L., Xiao N., Xu W., Wang D., 2008. Effects of nutrient availability and competition between two grass species *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. and *Phragmites communis* Trin. on the plant performance. *Pol. J. Ecol.* 56(3), 453-462.
- Cheema Z.A., Farid M.S., Khalig A., 2003. Efficacy of concentrated sorghum with low rates of atrazine for weed control in maize. *J. Anim. Plant. Sci.* 13(1), 48-51.
- Craine J.M., 2006. Competition for nutrients and optimal root allocation. *Plant Soil* 285, 171-185.
- Dayan F.E., Hernandez A., Allen S.N., Moraes R.M., Vroman J.A., Avery M.A., Duke S.O., 1999. Comparative phytotoxicity of artemisinin and several sesquiterpene analogues. *Phytochemistry* 50, 607-614.
- de Wit C.T., 1960. On competition. *Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen* 66, 1-82.
- de Wit C.T., Van den Bergh J.P., 1965. Competition between herbage plants. *Netherlands J. of Agric. Sci.* 13(2), 212-221.
- Dobrzański A., Adamczewski K., 2009. Wpływ walki z chwastami na bioróżnorodność agrofitycenozy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.* 49(3), 982-995.
- Duer I., 1996. Potencjał alleopatyczny biomasy niektórych gatunków chwastów w stosunku do siewek pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* var. *vulgare*). *Fragm. Agron.* XIII, 2(50), 6-56.
- Evans S.P., Knezovic S.Z., Lindquist J.I., Shapiro C.A., Blankenship E.E., 2003. Nitrogen application influence the critical period for weed control in corn. *Weed. Sci.* 51, 408-417

- Feldyn-Szewczyk B., Duer I., 2005. Konkurencyjność kilku odmian pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji w stosunku do chwastów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 45, 126-133.
- Froud-William R.J., 2002. Weed competition. Weed Management Handbook ed. R.E.L. Naylor. Blackwell Publishing.
- Fukai S., Trenbath B.R., 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. Field Crops Res. 34, 247-271.
- Gałęzewski L., 2010a. Competition between oat and yellow lupine plants in mixtures of these species. Part I. Intensity of competition depending on soil moisture. Acta Sci. Pol. Agricultura 9(3), 37-44.
- Gałęzewski L., 2010b. Competition between oat and yellow lupine in mixtures of these species. Part II. Intensity of competition depending on species ratio in mixture. Acta Sci. Pol. Agricultura 9(3), 45-52.
- Grundy A.C., Mead A., Burston S., Overs T., 2004. Seed production of *Chenopodium album* in competition with field vegetables. Weed Res. 44, 271-281.
- Haliniarz M., 2010. Wpływ gęstości łanu na dynamikę przyrostu biomasy pszenicy jarej i chwastów. Ann. UMCS Lublin. LXV(2), 68-79.
- Hauggaard-Nielsen H., Ambus P., Jensen E.S., 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Res. 70, 101-109.
- Hunt R., 1982 Plant Growth Curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold London.
- 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.
- Jaskulski D., 1996. Wpływ eksudatów z łubinu żółtego na zboża jare. Mat. konf. PTL Łubin: kierunki badań i perspektywy użytkowe. Poznań, 45-52.
- Jensen E.S., 1996. Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea and barley intercrops. Plant Soil 182, 25-38.
- Jezierska-Domaradzka A., Kuźniewski E., 2007. Allelopatyczny wpływ wodnych wyciągów z *Capsella bursa-pastoris* (L.) na kiełkowanie i juvenilne stadia *Ocimum basilicum* L. i *Origanum majorana* L. Ann. UMCS, E LXII(2), 10-16.
- Jędruszczak M., Bojarczyk M., Smolarz H.J., Dabek-Gad M., 2004. Konkurencyjne zdolności pszenicy ozimej wobec chwastów w warunkach różnych sposobów odchwaszczania – behavior zbiorowiska chwastów. Ann. UMCS, E 59(2), 895-902.
- Kamal J., Bano A., 2008. Allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on soil metals and its leaves extracts on physiology of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. Afri.J. Biotech. 7(18), 3261-3265.
- Kapeluszny J., 2004. Gęstość siewu jako czynnik ograniczający zachwaszczenie w zbożach jarych. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 44, 788-790.
- Kato-Noguchi H., Kosemura S., Yamamura S., Mizutani J., Hasegawa K., 1994. Allelopathy of oatss. I. Assessment of allelopathic potencial of extract of oat shoots and identyfication o fan allelochemical. J. Chem. Ecol. 20, 309-314.
- Keddy P.A., Twolan-Strutt L., Wisheu I., 1994. Competitive effect and response rankings in 20 etland plants: are they consistent across three environments? J. Ecol. 82, 635-643.
- Khalid S., Ahmad T., Shad R.A., 2002. Use of allelopathy in Agriculture. Asian J. Plant Sci. 1(3), 292-297.
- Khan M.A., Marwat K.B., 2006. Impact of crop and weed densities on competition between wheat and silybum marianum gaertn. Pak. J. Bot. 38(4), 1205-1215.
- Klem K., Vanova M., 2000. Asymmetric competition between wheat and weeds – a step to improve crop-weed interaction models. Conference Title Proceedings 20th German conference on weed biology and weed control, Stuttgart-Hohenheim, Germany. J. article Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz No. Sonderh. 17, 113-119

- Knudsen M.T., Hauggaard-Nielsen H., Jensen E.S., 2004. Cereal-grain Legume intercrops in organic farming – a Danish survey. VIII ESA Congress: European agriculture in a Global Context. KVL Copenhagen, 613-614.
- Kotwica K., Rudnicki F., 2003. Komponowanie mieszanek zbóż jarych z łubinem na glebie lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 495, 163-170.
- Korres N.E., Froud-Williams R.J., 2002. Effect of winter wheat cultivars and seed rate on biological characteristics of naturally occurring weed flora. Weed Res. 42, 417-428.
- Krawczyk R., 2008. Obniżona dawka herbicydu – uwarunkowania, badania i praktyka. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl. 48(2), 621-627.
- Kwiecińska-Poppe E., 2006. Plenność wybranych gatunków chwastów segetalnych na ciężkiej rędzinie czarnoziemnej. Acta Agrophysica 8(2), 441-448.
- Lamb E.G., Shore B.H., Cahill J.F., 2007. Water and nitrogen addition differentially impact plant competition in a native rough fescue grassland. Plant Ecol. 192, 21-33.
- Liebman M., Davis A.S., 1999. Integration of soil, crop and weed management in low-external input farming system. Weed Res. 40, 27-47.
- Lemerle D., Verbeek B., Cousens R.D., Coombes N.E., 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. Weed Res. 36, 505-513.
- Lemerle D., Verbeek B., Orchard B., 2001. Ranking the ability of wheat varieties to compete with *Lolium rigidum*. Weed Res. 41, 197-209.
- Lutman P.J.W., 2002. Estimation of seed production by *Stellaria media*, *Sinapis arvensis* and *Tripleurospermum inodorum* in arable crops. Weed Res. 42, 359-369.
- Mackenzie A., Ball A.S., Virdee S.R., 2002. Krótkie Wykłady. Ekologia. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Mead R., Willey R.W., 1980. The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages on yields from intercropping. Experimental Agriculture 16, 217-228.
- Merbach W., Schelling G., 1980. Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene. Zweite naturwissenschaftliche Abteilung: Mikrobiologie der Landwirtschaft der Technologie und des Umweltschutzes 135(2), 99-118.
- Michalska M., Wanic M., Jastrzębska M., 2008. Konkurencja pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym w zróżnicowanych warunkach glebowych. Cz. II. Intensywność oddziaływań konkurencyjnych. Acta Sci. Pol. Agricultura 7(2), 87-991.
- Ofori F., Stern W.R., 1987. Relative sowing time and density of component crops in a maize/cowpea intercrop systems. Expl. Agric. 23, 41-52.
- Parylak D., 1997. Konkurencyjność *Apera Sapica-venti*, *Stellaria media*, i *Viola Arvensis* wobec pszenżyta ozimego w pobieraniu składników pokarmowych. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 37(2), 177-180.
- Parylak D., 2003. Wpływ warunków glebowych na konkurencyjność owsa głuchego (*Avena fatua* L.) wobec jęczmienia jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 490, 187-193.
- Parylak D., Zawieja J., 2003. Konkurencja jęczmienia jarego i owsa głuchego (*Avena fatua* L.) o składniki pokarmowe w różnych warunkach glebowych. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 43(2), 853-855.
- Parylak D., Zwieja J., Jędruszczak M., Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., Dąbkowska T., Snarska K., 2006. Wykorzystanie zasiewów mieszanych, właściwości odmian lub zjawiska allelopatii w ograniczaniu zachwaszczenia. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 46(1), 33-44.
- Perez F.J., Ormeno-Nunez J., 1991. Difference in hydroxamic acid content in roots and root exudates of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.): possible role in allelopathy. J. Chem. Ecol. 17, 1037-1043.
- Piskorz B., 2002. Oddziaływanie wodnych wyciągów z roślin perzu właściwego (*Agropyron repens* L.) na kiełkowanie i początkowy wzrost wybranych roślin uprawnych. Cz. I. Wyciągi pędów nadziemnych. Roczn. Nauk Roln., A(116), 27-38.
- Ross S.M., King J.R., O'Donovan J.T., Spancer, D., 2003. Seeding rate effects in oat-berseem clover intercrops. Can. J. Plant Sci. 83(4), 769-778.

- Ross S.M., King J.R., O'Donovan J.T., Spancer D., 2005. The productivity of oats and berseem clover intercrops I. Primary growth characteristics and forage quality at four densities of oats. *Grass For. Sci.* 60(1), 74-86.
- Rudnicki F., 1999. Środowiskowe uwarunkowania uprawy mieszanek zbożowych i zbożowo-strączkowych. *Mat. konf. Przyrodnicze i produkcyjne aspekty uprawy roślin w mieszankach.* AR Poznań. 28-38.
- Rudnicki F., Jaskulski D., 2006. Ocena wzajemnego oddziaływania konkurencyjnego pomiędzy roślinami uprawnymi a chwastami w łąkach. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 5(1), 45-52.
- Rudnicki F., Kotwica K., 1999. Porównanie mieszanek zbożowo-strączkowych na glebie kompleksu pszennego dobrego. *Mat. konf. Przyrodnicze i produkcyjne aspekty uprawy roślin w mieszankach.* AR Poznań, 96-97.
- Rudnicki F., Kotwica K., 2007. Oddziaływania konkurencyjne między zbożami jarymi i łubinami w mieszankach oraz efekty produkcyjne uprawy mieszanek na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego. *Fragm. Agronomica* 4(96), 145-152.
- Satorre, E.H., Snajdon R.W., 1992. A comparison of Root and shoot competition between spring cereals and *Avena Fatua*. *Weed Res.* 32 45-55.
- Seibert A.C., Pearce R.B., 1993. Growth analysis of weed and crop species with reference to seed weight. *Weed Sci.* 41, 52-56.
- Sobkowicz P., 2003. Konkurencja międzygatunkowa w jarych mieszankach zbożowych. *Rozpr. CXIV Zesz. Nauk.* AR Wrocław.
- Sobkowicz P., 2005. Shoot and root competition between spring triticale and field beans during early growth. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 4(1), 117-126.
- Stefan z Bronowa, 1873. O siewach mieszanych. Nakładem autora. Czcionkami N. Kamińskiego i spółki w Poznaniu.
- Theunissen J., 2004. Application of intercropping in organic agriculture. *Biol. Agric. Hortic.* 15(1), 251-259.
- Treder K., Wanic M., Nowicki J., 2008a. Competition between spring wheat and spring barley under conditions of diversified fertilization. Part I. Influence on selected morphological characteristics of plants. *Acta Agrophysica* 11(3), 767-780.
- Treder K., Wanic M., Nowicki J., 2008b. Competition between spring wheat and spring barley under conditions of diversified fertilization. Part II. Influence on biomass of plants and rate of its accumulation. *Acta Agrophysica* 11(3), 781-797.
- Wanic M., Michalska M., Treder K., 2007. Konkurencja pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym i pszenicą jarą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 516, 267-275.
- Weigelt A., Jolliffe P., 2003. Indices of plant competition. *J. Ecol.* 91, 707-720.
- Weir T.L., Bais H.P., Vivanco J.M., 2009. Intraspecific and interspecific interactions mediated by a phytotoxin, catechin, secreted by the roots of *Centaurea Maculosa* (spotted knapweed) *J. Chem. Ecol.* 35, 860.
- Wenda-Piesik A., Rudnicki F., 2000. Możliwości zastosowania herbicydów w mieszankach łubinu żółtego ze zbożami. *Ann. UMCS LV(27)E*, 221-229.
- Willey R.W., Osiru D.S.O., 1972. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with special reference to plant population. *J. Agric. Sci.* 79, 519-529.
- Wilson B.J., Wright K.J., Brain P., Clements M., Stephens E., 1995. Predicting the competitive effects of weed and crop density on weed biomass, weed seed production and crop yield in wheat. *Weed Res.* 35(4), 265-278.
- Zając T., 1993. Wpływ doboru i agrotechniki roślin na wzrost i plonowanie wsiewanej konicyzny czerwonej w różnych warunkach siedliska. *Zesz. Nauk.* AR Kraków, Rozpr. 182.
- Zawiślak K., Kostrzevska M.K., 2000a. Konkurencja pokarmowa chwastów w łąkach pszenicy ozimej uprawianej w płodozmianie i w wieloletniej monokulturze. Cz. 1: Zagęszczenie i skład florystyczny zbiorowiska chwastów. *Ann. UMCS. E(55)*, 245-251.
- Zawiślak K., Kostrzevska M.K., 2000b. Konkurencja pokarmowa chwastów w łąkach pszenicy ozimej uprawianej w płodozmianie i w wieloletniej monokulturze. Cz. 2: Zawartość makroelementów w nadziemnej biomase pszenicy i chwastów. *Ann. UMCS E(55)*, 253-260.

- Zawiślak K., Kostrzevska M.K., 2000c. Konkurencja pokarmowa chwastów w łanach żyta ozimego uprawianego w płodozmianie i w wieloletniej monokulturze. Cz. 1: Zagęszczenie i skład florystyczny zbiorowiska chwastów. Ann. UMCS E(55), 261-267.
- Zawiślak K., Kostrzevska M.K., 2000d. Konkurencja pokarmowa chwastów w łanach żyta ozimego uprawianego w płodozmianie i w wieloletniej monokulturze. Cz. 2: Zawartość i pobranie makroelementów w nadziemnej biomase żyta ozimego i chwastów. Ann. UMCS E(55), 269-275.
- Zimdahl R.L., 2004. Weed-Crop Competition. A Review. Blackwell Publishing State Avenue.
- Zoheir Y. Ashrafi, Sedigheh Sadeghi, Hamid Mashhadi R., 2007 Allelopathic effects of barley (*hordeum vulgare*) on germination and growth of wild barley (*H. spontaneum*) Pak. J. Weed Sci. Res. 13(1-2), 99-112.

ODDZIAŁYWANIE GRZYBÓW MIKROSKOPOWYCH POCHODZĄCYCH ZE ŚRODOWISKA HODOWLANEGO I BUDYNKÓW MIESZKALNYCH NA STAN ZDROWIA LUDZI I ZWIERZĄT

Szymon Kluczek

Katedra Higieny Zwierząt i Mikrobiologii Środowiska
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

W rozwoju grzybów mikroskopowych w pomieszczeniach inwentarskich i mieszkalnych decydującą rolę odgrywają czynniki środowiskowe. Mikroorganizmy znajdują tam odpowiednie warunki termiczne i wilgotnościowe do wzrostu i rozwoju [Kluczek 1998]. Stają się wtedy źródłem mikotoksyn, substancji alergizujących i zapachowych [Guarro i Gene 1992, Stoev 1993, Kluczek i Kluczek 1999, Kluczek 2000, 2001, Skowron i in. 2011a, b]. Za pośrednictwem powietrza, zwierząt czy też ludzi mogą one kolonizować pozostałe elementy środowiska. Fermę lub budynek mieszkalny, w których występuje wysoki stopień skażenia mikologicznego, określa się jako „zespół chorego budynku” (SBS) [Bogacka 1997, Kluczek 1999, Kluczek i Kluczek 1999]. Obecnie nie podlega już dyskusji patogenność wielu grzybów drożdżoidalnych i pleśniowych występujących w budynkach. Grzyby poza bytowaniem na powierzchni skóry mogą wnikać do organizmu na skutek inhalacji, poprzez zranienia lub pokarm. O patogenności drożdżaków decyduje ich zdolność przylegania do komórek nabłonkowych gospodarza, a także aktywność zewnątrzkomórkowych enzymów. Szczególną rolę w infekowaniu organizmów odgrywają drożdżaki należące do rodzaju *Candida* i grzyb *Cryptococcus neoformans* [Białasiewicz i in. 1995, Białasiewicz i Kurnatowska 1996]. Zagrożenie jest tym większe, że grzyby te mogą zaatakować organizm zarówno ze środowiska zewnętrznego, jak i wewnętrznego. *Candida* są to grzyby bytujące jako saprofity w błonie śluzowej przewodu pokarmowego, układu oddechowego i układu moczowego. Szczególną rolę przypisuje się *Candida* występującym w jelicie grubym. Grzyb pobiera z masy kałowej resztki substancji odżywczych, przez co nie pozostawia już miejsca napływającym spoza jelita grubego bakteriom chorobotwórczym. Jednocześnie wytwarza też kilkadziesiąt toksyn, które uniemożliwiają zasiedlanie jelita przez drobnoustroje chorobotwórcze. Sytuacja ulega zmianie, gdy stosowana jest przez dłuższy czas agresywna kuracja antybiotykowa. Wyniszczeniu ulega pozytywna flora jelita grubego, a *Candida* silnie się namnażają, nie pozwalając na rozwój pożytecznych bakterii. Jeśli grzyb nie zaatakował organizmu ze środowiska zewnętrznego poprzez uszkodzoną skórę lub jamę ustną, to może stać się patogenem, gdy zachwianiu ulega równowaga pomiędzy grzybem z rodzaju *Candida* a układem odpornościowym gospodarza. Do czynników sprzyjających rozwojowi drożdżaka zalicza się choroby, takie jak astma oskrzelowa, brucelloza, gruźlica, cukrzyca, nowotwory. Poza tym namnażaniu się drożdżaków mogą sprzyjać: nieodpowiednie żywienie, niedobory witamin B₂, B₅, niski poziom żelaza w surowicy krwi, a u ludzi otyłość, nadmierna potliwość i długotrwałe stosowanie antybiotyków [Macura 1994, Białasiewicz i in. 1995, Białasiewicz i Kurnatowska 1996]. *Candida* częściej jednak atakuje ptaki niż ssaki i ludzi (tab. 1). Szczególną wrażliwość wykazują ptaki młode, których śmiertelność może sięgać 30%.

Tabela 1. Najczęściej występujące grzyby drożdżoidalne w pomieszczeniach inwentarskich poszczególnych gatunków zwierząt [Kluczek 1999, Kluczek 2009a, b]

Kury, przepiórki, gołębie	Trzoda chlewna	Bydło
<i>Candida albicans</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Candida albicans</i>
<i>Candida ciferii</i>	<i>Candida ciferii</i>	<i>Candida krusei</i>
<i>Candida krusei</i>	<i>Candida famata</i>	<i>Candida lipolytica</i>
<i>Candida famata</i>	<i>Candida glabrata</i>	<i>Candida tropicalis</i>
<i>Candida glabrata</i>	<i>Candida parapsilosis</i>	<i>Candida pseudotropicalis</i>
<i>Candida pseudotropicalis</i>	<i>Candida rugosa</i>	<i>Candida humicola</i>
<i>Candida humicola</i>	<i>Candida krusei</i>	<i>Candida zeylanoides</i>
<i>Candida zeylanoides</i>	<i>Candida kefyr</i>	<i>Cryptococcus laurentii</i>
<i>Cryptococcus neoformans</i>	<i>Candida maris</i>	<i>Cryptococcus neoformans</i>
<i>Cryptococcus laurentii</i>	<i>Cryptococcus spp.</i>	<i>Cryptococcus albidus</i>
<i>Cryptococcus albidus</i>	<i>Cryptococcus neoformans</i>	<i>Rhodotorula rubra</i>
<i>Rhodotorula rubra</i>	<i>Cryptococcus laurentii</i>	<i>Rhodotorula minuta</i>
<i>Rhodotorula glutinis</i>	<i>Cryptococcus terreus</i>	<i>Geotrichum candidum</i>
<i>Geotrichum candidum</i>	<i>Geotrichum candidum</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Rhodotorula spp.</i>	
<i>Trichophyton cutaneum</i>	<i>Rhodotorula glutinis</i>	
	<i>Rhodotorula rubra</i>	
	<i>Trichophyton cutaneum</i>	

DZIAŁANIE MECHANIZMÓW OBRONNYCH ORGANIZMU W TRAKCIE INWAZJI GRZYBÓW

U człowieka pierwszym następstwem inwazji *Candida* jest proliferacja, czyli intensywne namnażanie się grzyba. Jeśli drożdżak rozwija się w jednym miejscu, można mówić o z kandydozie lokalnej, natomiast występowanie w trzech lub więcej miejscach powoduje kandydozę rozsianą. O patogenności *Candida* mogą zdecydować: złożoność budowy jej ciała, dimorfizm (*Candida albicans*), aktywność enzymatyczna, mimikra molekularna i zmienność fenotypowa. Najgroźniejszym gatunkiem pod względem chorobotwórczym jest *Candida albicans*, gdyż jest organizmem dwupostaciowym. W zależności od warunków środowiskowych w organizmie gospodarza może występować w postaci komórek drożdżoidalnych (forma Y) albo w postaci pseudostrzępek (forma M). Badania wykazują, że forma M jest bardziej inwazyjna niż komórki drożdżoidalne [Macura 1994, Macura i Sysło 1994, Omulecki i Krykowska-Koniarek 1997, Batura-Gabryel 1999]. Komórki *Candida* przyczepiają się do komórek nabłonkowych gospodarza (adherencja) i w trakcie tego procesu wytwarzają adhenzyny, których zadaniem jest rozpoznanie zewnętrznych białek *matrix*. Grzyb w trakcie zasiedlania nabłonka wytwarza dużą ilość enzymów, np. fosfolipazy, lipazy i 3 proteiny asparaginianowe (tab. 2). Proteiny są produkowane przez najbardziej patogenne gatunki z rodzaju *Candida*. Wytwarzane są zarówno wewnątrz komórki, jak i na zewnątrz. Zadaniem proteiny asparaginianowej jest degradacja keratyny i kolagenu w miejscu inwazji [Macura 1994, Macura i Sysło 1994].

Tabela 2. Patogenne gatunki z rodzaju *Candida* i rodzaje wytwarzanych enzymów [Białasiewicz i Kurnatowska 1996]

Gatunki z rodzaju <i>Candida</i>	Wytwarzane enzymy w trakcie inwazji grzyba
<i>Candida albicans</i>	proteinaza asparaginianowa
<i>Candida krusei</i>	fosfataza zasadowa
<i>Candida tropicalis</i>	fosfataza kwaśna
<i>Candida pseudotropicalis</i>	lipaza (C14)
<i>Candida parapsilosis</i>	esteraza (C4)
<i>Candida zeylanoides</i>	lipaza esterazowa (C8)
	α -galaktozydaza
	α -mannozydaza
	α -fukozydaza
	β -glukozydaza
	β -galaktozydaza

W ten sposób grzyb może wnikać w głąb tkanek. Gdy dochodzi do osiedlania się grzybów w organizmie gospodarza, następuje miejscowy odczyn zapalny oraz pobudzenie układu dopełniacza. Zostaje tym samym uruchomiony mechanizm obronny „pierwszej linii”. Zalicza się do niego mechaniczne usuwanie grzyba poprzez kaszel, ślinę, łzy i wydzielanie na powierzchni błony śluzowej laktoferyny, lizozymu o właściwościach grzybobójczych. Do mechanizmów obronnych zalicza się również bakterie, które blokują adherencję grzyba do powierzchni nabłonka. W trakcie ostrych stanów zapalnych uruchomione zostają mechanizmy obronne „drugiej linii”. Zalicza się do nich komórki NK, neutrofile, makrofagi i eozynofile. Neutrofile i makrofagii biorą udział w procesie fagocytozy komórek grzyba. Neutrofile zawierają ponadto substancje antygrzybicze: interleukinę 8 i interferon γ . Makrofagi dodatkowo przed fagocytozą wiążą niektóre cukry ściany komórkowej, np. β -glukan. Ważne znaczenie w procesie fagocytozy odgrywa układ dopełniacza. Składa się on z ok. 30 białek krążących w surowicy krwi. W trakcie inwazji grzyba w nabłonku lub w tkankach białka te łączą się ze sobą i bombardują ścianę komórkową *Candidy*. W ten sposób „osłabiony” grzyb szybciej ulega fagocytozie. Gdy jednak *Candida* jest agresywna i zdolna do dalszej inwazji, a układ odpornościowy nie nadąża ze wzbudzeniem reakcji obronnych, *Candida* może przedostać się do krwi, co spowoduje rozsianie inwazji w całym organizmie. Może to zakończyć się śmiercią chorego [Macura i Sysło 1994, Białasiewicz i in. 1995, Omulecki i Krykowska-Koniarek 1997, Batura-Gabryel 1999].

PATOGENNOŚĆ GRZYBÓW Z RODZAJU *CANDIDA* I *CRYPTOCOCCUS*

Do najczęściej spotykanych kandydoz zewnętrznych zalicza się: drożdżakowate zapalenie ust, drożdżakowate zapalenie kącika ust, kandydozę wyprzeniową, kandydozę ziarniakową, kandydozę paznokci. Spośród schorzeń układowych najczęściej występują drożdżycy jelita grubego, a także kandydozy płuc, nerek, wsierdza, pęcherza moczowego, a u zwierząt do poronienia na tle grzybiczym lub *mastitis mycotica* o podłożu przewlekłym. W trakcie inwazji *Candida* często pojawiają się mylnie interpretowane objawy. Zalicza się do nich skłonność do przeziębień, zapalenie gardła, angina, przewlekły nieżyt nosa, częste zapalenie oskrzeli, nawracające zapalenie pęcherza moczowego, bóle reumatyczne, alergie: pokarmowe, oddechowe, na kurz. *Candida albicans*

powoduje 18% poronień na tle grzybiczym. Pozostałe przypadki wywołują grzyby pleśniowe (tab. 3) [Kluczek i Kojder 2000]. Patogenność *Candida* potęguje się poprzez wydzielanie aminopeptydazy, która zwiększa zjadliwość drożdżaka. Grzyb rozwija się w błonach płodowych i płynach płodowych, powodując zmiany patomorfologiczne. Poronienie następuje w drugiej połowie ciąży.

Tabela 3. Rodzaje i gatunki grzybów powodujących poronienia u zwierząt

Grzyby drożdżopodobne
<i>Candida albicans</i> <i>Trichosporon cutaneum</i>
Grzyby pleśniowe
<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Absidia</i> <i>Mucor</i> <i>Penicillium</i> <i>Rhizopus</i>

Grzyb *Cryptococcus neoformans* spotykany jest natomiast na skórze i w kale człowieka. Drożdżak ten występuje głównie u ptaków: w dużych ilościach w pomocie gołębi, przepiórek, kur. Nie ma jednak niezbitych dowodów na to, że człowiek może bezpośrednio zarazić się *Cryptococcus* od gołębi [Białasiewicz i in. 1995]. Grzyb atakuje ludzi i zwierzęta drogą inhalacyjną i poprzez uszkodzenia skóry, a także zwierzęta (głównie bydło) wykazujące duże niedobory witaminy A. Może wywołać poważne schorzenia skórne i układowe. Najczęściej spotyka się kryptokokozę układu oddechowego, choć choroba rozwija się bezobjawowo przez dłuższy czas, aż do chwili, gdy grzyb opanuje większą powierzchnię płuc. Kryptokokoza skórna stanowi ok. 10% przypadków schorzeń wywoływanych przez tego grzyba. *Cryptococcus neoformans* wnika do uszkodzonej mechanicznie skóry lub naskórka. Klinicznie przypomina trąd lub raka skóry. Najgroźniejszym jednak schorzeniem jest kryptokokoza ośrodkowego układu nerwowego. Choroba występuje u ludzi, zwierząt, głównie ptaków. Jest to choroba opon mózgowo-rdzeniowych lub mózgu. W I stadium występuje podwyższenie temperatury, apatia, bóle głowy, następnie okres wyciszenia. W II stadium pojawiają się wymioty, zaburzenia chodu. W tkance mózgowej mogą tworzyć się guzki grzybicze lub ropień mózgu, któremu towarzyszy oczopląs, niedowidzenie, podwyższenie ciśnienia śródczaszkowego. Grzyb wraz z krwią przenika z mózgu do płuc, węzłów chłonnych, śledziony, wątroby, szpiku kostnego. Schorzenie na tym etapie kończy się zazwyczaj śmiercią. Zapadają na nią często chorzy na AIDS [Białasiewicz i in. 1995, Rogowska-Szadkowska i in. 1995]. U bydła *Cryptococcus neoformans* wywołuje ostrą formę *mastitis mycotica*. Atakuje szczególnie te krowy, które były przez dłuższy czas leczone tetracykliną na mastitis i nastąpił w ich organizmie spadek witaminy A. Witamina A chroni pęcherzyki mleczne przed wniknięciem grzyba. Na rozwój choroby może mieć również wpływ zbyt wysoka wilgotność względna w oborze (powyżej 80%), zbyt duże zagęszczenie zwierząt. Objawy choroby są widoczne już po kilkudziesięciu godzinach. Zauważalny jest obrzęk ciętarek, wymię jest gąbczaste. Objawy bólowe są słabe. Większość zwierząt ma gorączkę w granicach 41°C, wzrost tętna. Wydzielina z wymienia ma zabarwienie jasnożółte z domieszką śluzu i krwi. Wyczuwalny jest charakterystyczny zapach drożdży.

CHOROBY UKŁADOWE I SKÓRNE WYWOŁANE PRZEZ GRZYBY PLEŚNIOWE

Patogenne grzyby pleśniowe mogą należeć do klasy *Zygomycetes* (Sprzężniaki), *Ascomycetes* (Workowce) lub do grzybów niedoskonałych (*Deuteromycetes*) (tab. 4). Czynnikiem służącym do klasyfikacji pleśni jest określenie, czy grzybnia ma przegrody poprzeczne. Grzyby, które są ich pozbawione zalicza się do klasy *Zygomycetes*. Wywołują one stany chorobowe określane nazwą zygomykozy. Zalicza się do nich grzyby z rodzaju *Absidia*, *Mucor*. Sprzężniaki cechują się inwazyjnością światła naczyń, powodując zatory, zakrzepy i martwicę tkanek. Najczęstsze schorzenia to choroby mózgu (fikomikoza nosowo-mózgowa), płuc, nosa, przewodu pokarmowego [Plomer-Niezgoda 1997, Plomer-Niezgoda i in. 1998].

Tabela 4. Najczęściej występujące gatunki grzybów pleśniowych w pomieszczeniach inwentarskich poszczególnych gatunków zwierząt [Kluczek 1999, Kluczek 2009a, b]

Kury, przepiórki, gołębie	Trzoda chlewna	Bydło
<i>Aspergillus candidus</i>	<i>Aspergillus candidus</i>	<i>Aspergillus spp.</i>
<i>Aspergillus carbonarius</i>	<i>Aspergillus carbonarius</i>	<i>Aspergillus carbonarius</i>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Aspergillus clavatus</i>	<i>Aspergillus clavatus</i>
<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Aspergillus repens</i>
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Penicillium notatum</i>
<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Aspergillus ochraceus</i>	<i>Penicillium viridicatum</i>
<i>Aspergillus ochraceus</i>	<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Fusarium spp.</i>
<i>Aspergillus ustus</i>	<i>Penicillium notatum</i>	<i>Fusarium roseum</i>
<i>Penicillium citrinum</i>	<i>Penicillium citrinum</i>	<i>Mucor mucedo</i>
<i>Penicillium waksmanii</i>	<i>Penicillium viridicatum</i>	
<i>Penicillium expansum</i>	<i>Penicillium diversum</i>	
<i>Penicillium digitatum</i>	<i>Penicillium waksmanii</i>	
<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	
<i>Mucor spp.</i>	<i>Mucor racemosus</i>	
	<i>Mucor mucedo</i>	

Fikomikoza nosowo-mózgowa to ciężkie schorzenie mózgu i opon mózgowo-rdzeniowych wywołane przez grzyba z rodzaju *Mucor*. Pleśń dostaje się do organizmu drogą inhalacyjną. Zakażenie obejmuje zatoki boczne nosa, gałkę oczną. Do objawów choroby zalicza się gorączkę, bóle głowy, zapalenie tkanki łącznej gałki ocznej, wytrzeszcz, ropny wyciek z nosa, zgorzelinowe zniszczenie przegrody nosowej, podniebienia, oczodołu, kości zatok. Zakażenie poprzez krew przenosi się do mózgu. Ostatnim stadium choroby są drgawki i śmierć [Rogowska-Szadkowska i in. 1995]. Pozostałe grzyby pleśniowe mają przegrody poprzeczne i dzielą się na pleśnie wytwarzające w tkankach brunatny barwnik (np. *Cladosporium*), oraz grzyby niewytwarzające barwnika, tzw. grzyby hialinowe (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*). Wywołują one głównie reakcje alergiczne, choroby płuc i infekcje skórne [Plomer-Niezgoda 1997, Plomer-Niezgoda i in. 1998].

Alergię wziewną na tle grzybiczym opisano pierwszy raz w 1873 roku, po inhalacji zarodników z rodzaju *Penicillium*. Obecnie uczulenie na alergeny grzybicze ocenia się na 5-20% w zależności od warunków klimatycznych. Izolowaną alergię tylko na alergeny grzybicze spotyka się głównie w przypadku *Alternarii* i *Cladosporium* (tab. 5). Najczęściej jednak alergii na grzyby mikroskopowe towarzyszy uczulenie na pyłki

roślin i roztocze. Pleśnie wspomagają rozwój roztoczy, gdyż są dla nich źródłem białka albo ułatwiają przyswajanie białek (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Fusarium*), (tab. 6). Spośród chorób alergicznych najczęstsze są: astma oskrzelowa, katar sienny, zapalenie spojówek, nawracające zapalenie ucha wewnętrznego. Organizm reaguje na alergeny grzybicze znajdujące się w sporach lub w strzępkach grzyba albo na enzymy wytwarzane przez pleśnie bezpośrednio do podłoża, np. kolagenazę.

Tabela 5. Alergizujące gatunki grzybów pleśniowych

Grzyby zewnętrz- i wewnętrzdomowe
<i>Alternaria alternata</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus oryzae</i> <i>Aspergillus glaucus</i> <i>Penicillium notatum</i> <i>Penicillium citrinum</i> <i>Penicillium brevicompactum</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Aureobasidium</i>

W warunkach klimatycznych w Polsce alergię wziewną wywołują *Alternaria alternata* i *Cladosporium herbarum*, grzyby z rodzaju *Penicillium* i *Aspergillus*. *Alternaria* i *Cladosporium* są obecne w powietrzu przez cały rok, natomiast poziom progowy osiągają w dni suche i wietrzne od czerwca do końca sierpnia. Reakcja alergiczna występuje przy 100 zarodnikach w 1 m³ powietrza dla *Alternaria* i 3000 zarodników dla *Cladosporium*. *Aspergillus* do kiełkowania wymaga wilgotności powyżej 65% i wysokiej temperatury (optymalna +30°C), dlatego w otoczeniu występuje bardzo duża ilość zarodników nieaktywnych. Odgrywają one istotną rolę w stymulowaniu alergii [Bogacka 1996, 1997].

Tabela 6. Pleśnie budynków mieszkalnych

Najczęściej identyfikowane gatunki	
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Mucor racemosus</i>
<i>Aspergillus repens</i>	<i>Rhizopus nigricans</i>
<i>Aspergillus ochraceus</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>
<i>Aspergillus terreus</i>	<i>Alternaria alternata</i>
<i>Penicillium expansum</i>	<i>Acremonium strictum</i>
<i>Penicillium notatum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Penicillium funiculosum</i>	

Przyczynami reakcji alergicznej na grzyby z rodzaju *Aspergillus* mogą być obecność grzyba w samym ustroju albo działanie jego toksyn czy spor. Wdychane zarodniki kolonizują oskrzela i płuca, wywołując alergiczną aspergilozę oskrzelowo-płucną (AAOP). Typowym objawem choroby jest silny kaszel, krwioplucie, zakrzepy żylne i żółtawe guzy na płucach. Szczególnie niebezpiecznym gatunkiem jest w tym przypadku *Aspergillus fumigatus*, który ma najmniejsze zarodniki ze wszystkich grzybów z rodzaju *Aspergillus*. Ich wielkość to zaledwie 2-3 µm. Zarodniki znajdują się poza

zasięgiem nabłonka rzęskowego oskrzeli i oskrzelików mających właściwości oczyszczające. Dodatkowo grzyb wytwarza enzym elastazę (tab. 7). Elastaza degraduje elastynę i kolagen znajdujące się we włóknach sprężystych płuc. Efektem choroby jest krwotoczny zawał płuc [Białasiewicz i Kurnatowska 1996, Nowicka i in. 1996, Plomer-Niezgoda 1997, Plomer-Niezgoda i Baran 1997]. U osób z obniżoną odpornością immunologiczną może wystąpić systemowa aspergiloza. Wrotami infekcji są również drogi oddechowe. Choroba atakuje osoby narażone na długotrwałe wdychanie zarodników, np. hodowców gołębi, młynarzy. Zmiany chorobowe oprócz płuc obejmują przewód pokarmowy, mózg, wątrobę, gałkę oczną i skórę. Schorzenie ma szybki przebieg i bardzo często kończy się śmiercią. Współczynnik śmiertelności wynosi 84%. Inwazji grzybów z rodzaju *Aspergillus* może towarzyszyć infekcja skórna. Jest ona wynikiem krwiopochodnego rozsiewu. W zakażeniu tego rodzaju występuje 5 odmian klinicznych typu zlewne ziarniaki, ropnie, zmiany rumieniowe, owrzodzenie z czarnym strupem i zmiany plamisto-grudkowe [Plomer-Niezgoda 1997].

Tabela 7. Chorobotwórcze gatunki z rodzaju *Aspergillus* oraz enzymy wytwarzane w trakcie inwazji grzyba i toksyny przez nie wydzielane [Białasiewicz i Kurnatowska 1996]

Gatunki z rodzaju <i>Aspergillus</i>	Enzymy	Toksyny
<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus terreus</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Aspergillus clavatus</i> <i>Aspergillus nidulans</i>	elastaza esteraza (C4) fosfataza kwaśna fosfataza zasadowa β-galaktozydaza chymotrypsyna α-glukozydaza N-acetylo-β-glukzaminidaza lipaza esterazowa fosfohydrolazanaftolu-AS-BI	fumigatyna aflatoksyna B ₁ B ₂ G ₁ G ₂ sterigmatocystyna citreowiridyna wersikoloryna A,B,C patulina sterigmatocystyna

Zmiany skórne może również powodować alergizujący grzyb z rodzaju *Alternaria*. Czynniki sprzyjającymi inwazji są drobne urazy mechaniczne i miejscowa steroidoterapia. Do patogennych gatunków zalicza się: *Alternaria alternata*, *A. tenuissima*, *A. dianthicola*, *A. chartum* [Plomer-Niezgoda i in. 1998]. Wyróżnia się dwie drogi zakażenia: endogenną i egzogenną. W endogennej odnotowuje się zmiany wieloogniskowe z ciężkimi zaburzeniami ogólnoustrojowymi. Infekcja szerzy się drogą naczyń krwionośnych z płuc, do których zarodniki docierają drogą inhalacyjną. W egzogennej występuje w postaci pojedynczych ognisk. Zakażenie jest najczęściej wynikiem urazu, skaleczenia, zadrapania lub skutkiem osiedlania się grzyba na powierzchni skóry. Zmiany chorobowe mogą wystąpić, gdy do skóry dostanie się ciało obce np. drzazga, cierni. Wyróżnia się dwa typy skórnej alternariozy. Typ epidermalny cechuje się występowaniem grzyba tylko w naskórku i nie atakuje skóry właściwej. Zmiany skórne to rumień, owrzodzenie pokryte łuską. W typie dermalnym grzyb bytuje w skórze właściwej albo w tkance podskórnej. Pojawiają się wtedy zmiany grudkowe, krosty, zmiany naciekowe [Plomer-Niezgoda i in. 1998]. Do niedawna grzyby z rodzaju *Fusarium* były uważane za niepatogenne. Obecnie obserwuje się wzrost infekcji układowych wywołanych przez te pleśnie, które podobnie jak grzyby z rodzaju *Aspergillus*, *Fusarium* dokonują inwazji do światła naczyń krwionośnych, wywołując zatory i martwicę tkankową.

Jednak w fuzariozie rozsianej w większym stopniu dochodzi do zajęcia skóry. Fusarioza najczęściej wywołana jest przez gatunki: *Fusarium oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. solani*, *F. dimerum* [Plomer-Niezgoda i in. 1994]. Wrota infekcji nie są do końca poznane. Prawdopodobnie grzyb dostaje się do organizmu drogą inhalacyjną, przez uszkodzoną skórę, poparzenia. Zmiany chorobowe obejmują płuca (płuco farmera), nerki, wątrobę, śledzionę, trzustkę i mózg. Zmiany skórne mają postać licznych ciemnoczerwonych guzków z tendencją do martwicy [Guarro i Gene 1992, Plomer-Niezgoda i in. 1994, Plomer-Niezgoda 1997]. *Fusarium* jako grzyb upraw polowych odgrywa istotną rolę w produkcji mikotoksyn [Kluczek i Kluczek 2002]. Mogą one powstawać jeszcze na polu przed zbiorem, jak i już w zmagazynowanym ziarnie. Do toksycznych gatunków zalicza się *Fusarium culmorum*, *F. nivale*, *F. sporotrichoides*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum*. Pleśnie te produkują mikotoksyny w kukurydzy, jęczmieniu, pszenicy, prosie. Zidentyfikowano następujące toksyny: womitoksynę, niwalenol, toksynę T-2, zearalenon, fumonizynę [Richard i in. 1993, Kluczek i Kojder 2000]. Toksyny pobrane wraz karmą przez zwierzęta powodują ciężkie schorzenia organizmu. Obserwuje się wtedy zaburzenia ze strony układu nerwowego, niezdolność ruchu, obrzęk części twarzowej, wypadanie sierści, wypadanie pochwy i odbytu, zaburzenia płodności, krwawe biegunki, owrzodzenia przewodu pokarmowego [Weibking i in. 1993, Kluczek i Kojder 2000]. Grzyby z rodzaju *Penicillium* to najliczniej reprezentowane pleśnie w warunkach klimatu umiarkowanego. Spotyka się je głównie w glebie, w środkach spożywczych, na owocach, a przede wszystkim w budynkach, gdzie występują jako grzyby wewnątrzdomowe. Szczyt poziomu zarodników w powietrzu na zewnątrz pomieszczeń występuje krótko przed świtem, gdy jest wysoka wilgotność otoczenia. *Penicillium* dla swojego rozwoju wymaga niższych temperatur (4-30°C), dlatego szybciej opanowuje dane środowisko, niż grzyby z rodzaju *Aspergillus*. Niektóre szczepy *Penicillium expansum* mogą już wzrastać przy temperaturze -3°C. Budynki opanowane przez grzyby *Penicillium* mają charakterystyczny zapach stęchlizny, a jest on wynikiem wytwarzanych przez pleśnie wonnych metabolitów [Bogacka 1996, Tomsikowa 1996, Bogacka 1997]. Zarodniki pleśni są w nim obecne prawie na tym samym poziomie przez cały rok, stąd są głównym źródłem alergizującym w budynkach mieszkalnych i hodowlanych [Budzińska i in. 1998, Kluczek i in. 1998, Kluczek 2002, Kluczek i Kluczek 2002]. Ma istotne znaczenie, gdy występuje jako alergen w przewlekłej pochrzywce, astmie oskrzelowej, i w alergicznym nieżycie nosa. Często towarzyszy alergii na inne pleśnie (*Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus*). Jest stałym elementem kurzu i pożywką dla roztoczy. Wywołuje *alveolitis allergica*: płuco serowara, korkowicę, płuco pracownika przemysłu tytoniowego. Badania z ostatnich lat wykazały coraz częstsze zakażenia szpitalne spowodowane przez *Penicillium marneffei*. Gatunek doprowadzał do śmiertelnej fungemii lub posocznicy [Tomsikowa 1996]. *Penicillium* odgrywa ważną rolę w produkcji mikotoksyn (tab. 8). Zaliczany jest do grzybów magazynowych. Preferuje głównie substrat o wilgotności powyżej 15% i temperaturze otoczenia poniżej 20°C. Przy wyższych temperaturach dominującą rolę zaczynają odgrywać grzyby z rodzaju *Aspergillus*. *Penicillium* produkuje mikotoksyny głównie w roślinach strączkowych, owocach (jabłka, brzoskwinie), przetworach owocowych, kukurydzy, nasionach słonecznika, orzeszkach ziemnych i paszach. Do objawów po spożyciu mikotoksyn zalicza się degenerację nerwów na poziomie mózgu i rdzenia kręgowego, obrzęk płuc, krwawe biegunki, zastój żółci, żółtaczkę, martwicę kanalików nerkowych [Stoev 1993, Kluczek i Kojder 2000].

Tabela 8. Gatunki z rodzaju *Penicillium* i toksyny, które wytwarzają

Gatunki z rodzaju <i>Penicillium</i>	Wytwarzane toksyny
<i>Penicillium cyclopium</i>	ochratoksyna A, B, kwas cyklopiazonowy
<i>Penicillium claviforme</i>	rubratoksyna
<i>Penicillium expansum</i>	patulina, cytrynina
<i>Penicillium notatum</i>	kwas penicylinowy, notatyna
<i>Penicillium palitans</i>	ochratoksyna A, cytrynina
<i>Penicillium purpurogenum</i>	rubra toksyna
<i>Penicillium rubrum</i>	rubra toksyna
<i>Penicillium urticae</i>	patulina
<i>Penicillium viridicatum</i>	kwas penicilinowy

LITERATURA

- Batura-Gabryel H., 1999. Niektóre aspekty patogenyzy kandydozy. Mikologia lekarska 6, 113-118.
- Białasiewicz D., Głowacka A., Kurnatowska A., 1995. Aktywność wybranych enzymów hydrolytycznych u grzybów z różnych rodzin. Mikologia lekarska 2, 83-88.
- Białasiewicz D., Kurnatowska A., 1996. Aktywność wybranych enzymów hydrolytycznych *Candida albicans* – szczepów izolowanych z ontocenozy jamy ustnej. Mikologia lekarska 4, 249-252.
- Bogacka E., 1996. Charakterystyka grzybów biorących udział w reakcjach alergicznych u człowieka. Mikologia lekarska 3, 193-197.
- Bogacka E., 1997. Choroba budynków. Mikologia lekarska 4, 233-237.
- Budzińska K., Kluczek S., Kluczek J.P., 1998. Drobnoustroje powietrza podczas odchowu kurcząt brojlerów. Zesz. Nauk. PTZ, Chów i hodowla drobiu 36, 129-136.
- Guarro J, Gene J., 1992. Fusarium infections. Criteria for the identification of the responsible species. Mycoses 35, 109.
- Kluczek J.P., 1999. Wybrane zagadnienia z ochrony środowiska. Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy.
- Kluczek J.P., Kluczek S., 1999. Fungal microflora and sick building syndrome. Pr. Kom. Nauk. Rol. Biol. BTN B(45), 95-103.
- Kluczek J.P., Kluczek S., Budzińska K., 1998. Mikologiczna charakterystyka chlewni podczas odchowu prosiąt. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B(32), 69-74.
- Kluczek J.P., Kojder A., 2000 Mikotoksyny w zarysie. Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy.
- Kluczek S., 1998. Drobnoustroje odchodów trzody chlewnej przed i po dezynfekcji „Stalosanem F”. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B (32), 37-62.
- Kluczek S., 2000. Overall evaluation of mycoflora of an industrial swine farm. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B (46), 79-86.
- Kluczek S., 2001. Examination of the effect of municipal dumping sites on Microbiological pollution of atmospheric air. Part II. Characteristic of the fungi isolated from the air near the dumping sites. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B(49), 31-36.
- Kluczek S., 2002. Population of microorganisms in the air of piggery in the course of breeding of sows with piglets and weaners. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B(50), 33-48.
- Kluczek S., 2009a. Grzyby pleśniowe izolowane w pomieszczeniu dla przepiórek w okresie ich odchowu. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B(66), 25-29.
- Kluczek S., 2009b. Okres odchowu przepiórek a kształtowanie mikroflory grzybów drożdżoidalnych. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B (66), 21-24.
- Kluczek S., Kluczek J.P., 2002. Effect of Stalosan F on litter hygiene as related to animal welfare. Ann. Anim. Sci. 1, 47-50.

- Macura A.B., 1994. Przyleganie – jedna z determinant patogenności grzybów *Candida*. Mikologia lekarska 2, 73-79.
- Macura A.B., Sysło J., 1994. Aktywność proteolityczna i zdolność do adherencji grzybów *Candida albicans*. Mikologia lekarska 1, 7-10.
- Nowicka J., Mazur G., Mędraś E., Nawrot U., Rabczyński J., Wojtała R., 1996. Aspergiloza jako powikłanie chorób hematologicznych. Mikologia lekarska 1, 47-56.
- Omulecki A., Krykowska-Koniarek A., 1997. Zagadnienia kandydozy układowej. Mikologia lekarska 1, 37-40.
- Plomer-Niezgoda E., 1997. Patogenność wybranych grzybów pleśniowych. Mikologia lekarska 3, 179-183.
- Plomer-Niezgoda E., Baran E., 1997. Ocena aktywności zewnątrzkomórkowych enzymów hydrolytycznych wybranych grzybów pleśniowych. Mikologia lekarska 3, 141-145.
- Plomer-Niezgoda E., Baran E., Maj J., Czarnecka A., Hrynczewicz-Gwóźdź A., 1998. Patogenność grzybów *Alternaria*, *Cladosporium* i *Chrysosporium*. Mikologia lekarska 5, 187-190.
- Plomer-Niezgoda E., Szepietowski J., Baran E., Walów B., 1994. Izolacja grzybów z rodzaju *Fusarium* ze zmian skórnych. Mikologia lekarska 2, 81-84.
- Richard J.L., Bennett G.A., Ross P.F., 1993. Analysis of naturally occurring mycotoxins in feedstuffs and food. J. Animal Sci. 71, 2563.
- Rogowska-Szadkowska D., Borzuchowska A., Prokopowicz D., Grzeszczuk A., 1995. Inwazje grzybicze u osób zakażonych ludzkim wirusem upośledzenia odporności (HIV). Mikologia lekarska 2, 105-109.
- Skowron K., Kluczek S., Berleć K., Szkudlarek-Kowalczyk M., Wiśniewska E., 2011a. Mikroflora odchodów trzody chlewnej pochodzących z sektora odchowu prosiąt. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B(70), 51-56.
- Skowron K., Kluczek S., Berleć K., Wiśniewska E., Szkudlarek-Kowalczyk M., 2011b. Mikologiczne zanieczyszczenie odchodów pochodzących od warchlaków i tuczników. Pr. Kom. Nauk Rol. Biol. BTN B(70), 57-64.
- Stoev S.D., 1993. A Balkan endemic nephropathy (BEN) and its relation to the ochratoxicosis in swine. Veterinary Sci. 27, 13.
- Tomsikowa A., 1996. Pathogenity of some *Penicillium* species. Mikologia lekarska 2, 83-86.
- Weibking T.S., Ledoux D.R., Bermudez A.J., 1993. Effects of feeding *Fusarium moniliforme* culture material, containing know levels of fumonisin B₁, on the young broiler chick. Poultry Sci. 72, 456.

WPLYW UŻYTKOWANIA ROLNICZEGO NA ZRÓŻNICOWANIE ROŚLINNOŚCI ŁAKOWEJ W DOLINIE ŚRODKOWEJ NOTECI, NA PRZYKŁADZIE ŁĄK W SAMOSTRZELU I BNINIE

Ewa Krasicka-Korczyńska, Tomasz Stosik, Maciej Korczyński

Katedra Botaniki i Ekologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Użytki zielone w strefie klimatu umiarkowanego Europy w zdecydowanej większości mają charakter seminaturalny. To głównie dzięki działalności człowieka powstały i utrzymują się zbiorowiska łąkowe jako zbiorowiska zastępcze wcześniej występujących lasów łęgowych, olsów i innej roślinności siedlisk hydrogenicznych. Zwykle bowiem to roślinność dolin rzecznych została przekształcona na użytki łąkowe. Na ukształtowanie się szaty roślinnej łąk, poza czynnikami abiotycznymi, przemożny wpływ wywarł sposób ich zagospodarowania i użytkowania.

Na terenie całego kraju zaobserwowano zanikanie gatunków i zbiorowisk łąk naturalnych [Brzeg i Wojterska 1996, Grynia i Kryszak 1997, Kucharski 1999, Załuski 2004, Krasicka-Korczyńska i Rutkowski 2005, Krasicka-Korczyńska i in. 2008b, Ratyńska 2008, Krasicka-Korczyńska 2011]. Również preferowany obecnie w rolnictwie zbiór runi łąkowej na sianokiszonki ogranicza, a czasami wręcz uniemożliwia wytwarzanie i osypywanie się diaspor generatywnych [Krasicka-Korczyńska 2008a], co w dłuższym czasie może spowodować zanik wielu gatunków roślin bądź znacznie ograniczyć wielkość ich populacji. Bardzo niepokojącym zjawiskiem jest coraz częściej stosowane herbicydowe niszczenie darni łąkowej [Łyszczański i Łuniewski 2006] przed zastosowaniem podsiewu, co prawdopodobnie jeszcze bardziej pogłębi niekorzystne dla ochrony różnorodności biologicznej przemiany flory łąk. Mimo to w wielu regionach kraju zachowały się fragmenty cennych przyrodniczo obszarów [Michalska-Hejduk 2004].

Celem badań było określenie wpływu stosowanej agrotechniki na bogactwo gatunkowe runi łąkowej kompleksów Samostrzel i Bnin.

TEREN I METODY BADAŃ

W roku 2010 analizie poddano 2 kompleksy łąkowe Samostrzel – A i Bnin – B, położone w mezoregionie Dolina Środkowej Noteci [Kondracki 2009]. Według Matuskiewicza [2008] teren należy do Podokręgu Doliny Noteci „Bydgoszcz – Ujście”, wchodzącego w skład Okręgu Chodzieskiego, w Krainie Notecko-Lubuskiej, Działu Brandenbursko-Wielkopolskiego, w Podprowincji Europejskiej właściwej. Obydwa kompleksy łąkowe położone są na obszarze Natura 2000 Dolina Noteci PLH300004 i Dolina Środkowej Noteci i Kanału Bydgoskiego PLB300001.

Łąki te mają taką samą genezę, położone są na glebach organicznych, o wysokim poziomie wody gruntowej, okresowo podtapianych. Przestrzenie oddalone są od siebie o ok. 2 km. Badaniom poddano dwa kompleksy łąkowe: A – Samostrzel (28,26 ha) i B – Bnin (26,37 ha). Łąki Samostrzel były wałowane każdego roku, bronowane co 4 lata i każdego roku nawożone nawozami mineralnymi. Roślinność zasilana była azotem w ilości 34 kg N·ha⁻¹ i potasem 60 kg K·ha⁻¹. Ruń łąkowa koszona była dwukrotnie

w ciągu roku, w czerwcu i na początku sierpnia. Czasami stosowano trzykrotne koszenie w ciągu roku. W drugim analizowanym kompleksie łąkowym – B wykonywano tylko zabieg wałowania, z częstotliwością raz na rok-3 lata. Nie wykonywano bronowania, nawożenia mineralnego, a koszenie wykonywano jednokrotnie w czerwcu.

Analizę botaniczną wykonano ogólnie przyjętą metodą Braun-Blanqueta [Pawłowski 1972]. Do analiz wykorzystano 25 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych na powierzchni A – Samostrzel i 38 zdjęć fitosocjologicznych wykonanych na powierzchni B – Bnin wykonanych w 2010 roku. Jednostki systematyczne wydzielono na podstawie opracowania Matuszkiewicza [2005]. Gatunki wskaźnikowe przyjęto zgodnie z metodyką do rozporządzenia o programach rolnorodowiskowych (Dz.U. Nr 33, poz. 262 z 2009 02 26). Gatunki objęte ochroną prawną wydzielono na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 5 stycznia 2012 r. w sprawie gatunków dziko występujących roślin objętych ochroną (Dz.U. Nr 0, poz. 81 z 20 stycznia 2012 r.). Gatunki rzadkie regionalnie podano za Rutkowskim [1997]. Nazewnictwo roślin naczyniowych przyjęto według „Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist” [Mirek i in. 2002].

WYNIKI

Na łąkach w Samostrzelu stwierdzono ogółem 57 gatunków roślin naczyniowych (tab. 1), a na powierzchni B – Bnin – 103 gatunki roślin naczyniowych, wśród nich 2 gatunki objęte ochroną prawną: kukułka krwista *Dactylorhiza incarnata* i starodub łąkowy *Ostericum palustre* – charakterystyczny dla łąk trzęślicowych Molinion, chroniony, z listy gatunków Natura 2000 (Dz.U. Nr 77, poz. 510 z 2010). *Ostericum palustre* występuje w obydwu kompleksach łąkowych, osiągając niewielkie pokrycie, około 1%, natomiast *Dactylorhiza incarnata* występuje tylko na łąkach w Bninie, gdzie stwierdzono 1100 kwitnących osobników (fot. 1). Na łąkach w Bninie stwierdzono gatunki wskaźnikowe programu rolnośrodowiskowego z czterech list: lista B – Szuwary wielkoturzycowe – 4 gatunki, C – Łąki trzęślicowe i selernicowe – 2 gatunki, E – Półnaturalne łąki wilgotne – 13 gatunków, F – Półnaturalne łąki siedlisk świeżych – 1 gatunek, a na łąkach w Samostrzelu tylko gatunki z listy C – 1 gatunek i z listy E – 7 gatunków (rys. 1), ogółem na powierzchni A – 8 gatunków, a na powierzchni B – 20 gatunków.

Tabela 1. Lista gatunków roślin naczyniowych w układzie ilościowym [Pawłowski 1972] na stanowisku A – Samostrzel i B – Bnin (gatunki wskaźnikowe program rolnośrodowiskowego, pakiet 5.6 – Półnaturalne łąki wilgotne – pogrubioną czcionką)

Gatunki – Species	A (n = 25)				B (n = 24)			
	S	D	min.	max	S	D	min.	max
<i>Cirsium oleraceum</i>	V	1531,6	+	4	V	1083,6	+	3
<i>Lotus uliginosus</i>	IV	394,0	+	2	II	93,6	+	2
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	IV	7,2		+	II	41,6	+	1
<i>Veronica longifolia</i>	I	1,6	+	+	IV	254,4	+	2
<i>Myosotis palustris</i>	I	0,8		+	I	1,2	+	+
<i>Ostericum palustre</i>	I	80,0		1	I	1,2	+	+
<i>Cirsium palustre</i>	I	70,0	2	2	I	0,4	+	+
<i>Dactylorhiza incarnata</i>					IV	164,8	+	1
<i>Caltha palustris</i>					I	0,4	+	+
<i>Holcus lanatus</i>	V	472,4	+	2	V	2001,6	+	4
<i>Achillea millefolium</i>	V	412,4	+	2	III	154,0	+	2
<i>Festuca rubra</i>	V	941,6	+	3	III	842,0	+	4
<i>Ranunculus acris</i>	V	381,6	+	1	III	44,0	+	1
<i>Poa trivialis</i>	IV	550	+	2	V	3180,4	+	4
<i>Ranunculus repens</i>	IV	183,2	+	1	IV	66,0	+	1
<i>Poa pratensis</i>	IV	204,0	+	1	III	361,6	+	3
<i>Mentha aquatica</i>	IV	234,0	+	2	III	24,0	+	1
<i>Galium mollugo</i>	III	83,6	+	1	IV	354,8	+	3
<i>Rumex acetosa</i>	III	5,2	+	+	III	302,8	+	3
<i>Plantago lanceolata</i>	III	62,8	+	1	III	453,2	+	3
<i>Deschampsia cespitosa</i>	III	3,2	+	+	III	24,8	+	1
<i>Epilobium palustre</i>	III	5,2	+	+	II	3,2	+	+
<i>Heracleum sibiricum</i>	III	5,6	+	+	I	1,6	+	+
<i>Phalaris arundinacea</i>	III	1111,2	+	3	I	0,8	+	+
<i>Carex hirta</i>	III	922,0	+	+	I	0,4	+	+
<i>Agrostis gigantea</i>	III	611,2	+	3				
<i>Polygonum amphibium</i>	III	44,0	+	1	II	3,6	+	+
<i>Carex acutiformis</i>	II	1700,4	+	4	II	641,2	+	3
<i>Festuca arundinacea</i>	II	3,6	+	+	II	452,4	+	3
<i>Lythrum salicaria</i>	II	4,0	+	+	II	22,4	+	1
<i>Trifolium repens</i>	II	3,6	+	+	I	0,4	+	+
<i>Agrostis stolonifera</i>	II	331,2	+	3	I	0,8	+	+
<i>Rumex crispus</i>	II	2,8	+	+	I	0,4	+	+
<i>Scutellaria galericulata</i>	II	2,4	+	+	I	0,8	+	+
<i>Carex nigra</i>	II	450,4	+	3				
<i>Juncus articulatus</i>	II	2,4	+	+				
<i>Angelica sylvestris</i>	I	1901,6	+	3	II	23,6	+	1
<i>Polygonum bistorta</i>	I	23,6	+	1	IV	244,8	+	2
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	I	2	+	+	III	314,4	+	3
<i>Cerastium vulgatum</i>	I	0,4	+	+	IV	225,2	+	2
<i>Arrhenatherum elatius</i>	I	110,8	+	2	III	261,6	+	2
<i>Urtica dioica</i>	I	0,8	+	+	III	6,0	+	+
<i>Plantago major</i>	I	2,0	+	+	I	0,8	+	+
<i>Festuca pratensis</i>	I	0,4	+	+	I	40,8	+	1
<i>Galium palustre</i>	I	0,8	+	+	I	1,6	+	+
<i>Lysimachia vulgaris</i>	I	0,8	+	+	I	0,4	+	+
<i>Epilobium hirsutum</i>	I	0,4	+	+	I	20,0	+	+

cd. tabeli 1

<i>Erysimum cheiranthoides</i>	I	0,4	+	+	I	20,0	+	+
<i>Phleum pratense</i>	I	0,4	+	+	I	20,0	1	1
<i>Convolvulus arvensis</i>	I	0,4	+	+	I	0,8	+	+
<i>Polygonum amphibium</i>	I	0,4	+	+	I	1,6	+	+
<i>Glyceria maxima</i>	I	1,6	+	+				
<i>Potentilla anserina</i>	I	20,8	+	1				
<i>Rumex obtusifolius</i>	I	1,2	+	+				
<i>Carex gracilis</i>	I	0,8	+	+				
<i>Chenopodium rubrum</i>	I	0,4	+	+				
<i>Lolium perenne</i>	I	0,4	+	+				
<i>Polygonum persicaria</i>	I	0,4	+	+				
<i>Triglochin palustris</i>	I	150,0	3	3				
<i>Valeriana officinalis</i>					III	45,2	+	1
<i>Anthriscus sylvestris</i>					III	114	+	2
<i>Eupatorium cannabinum</i>					III	74,0	+	2
<i>Potentilla anserina</i>					II	4,4	+	+
<i>Thalictrum flavum</i>					II	542,4	+	4
<i>Carex paniculata</i>					II	252,8	+	4
<i>Anthoxanthum odoratum</i>					II	72,4	+	2
<i>Carex elata</i>					II	2,8	+	+
<i>Filipendula ulmaria</i>					II	22,4	+	1
<i>Phragmites australis</i>					II	2,4	+	+
<i>Rumex thyrsiflorus</i>					I	72,0	+	2
<i>Galium aparine</i>					I	2,0	+	+
<i>Geum rivale</i>					I	2,0	+	+
<i>Calystegia sepium</i>					I	1,6	+	+
<i>Achillea collina</i>					I	40,4	+	1
<i>Carex acuta</i>					I	250,8	+	4
<i>Glechoma hederacea</i>					I	1,2	+	+
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>					I	150,8	+	3
<i>Rorippa sylvestris</i>					I	1,2	+	+
<i>Sagina nodosa</i>					I	1,2	+	+
<i>Cardamine hirsuta</i>					I	0,8	+	+
<i>Carduus crispus</i>					I	0,8	+	+
<i>Carex riparia</i>					I	0,8	+	+
<i>Hypericum tetrapterum</i>					I	0,8	+	+
<i>Mentha arvensis</i>					I	0,8	+	+
<i>Poa palustris</i>					I	90,0	1	2
<i>Carex disticha</i>					I	150,0	3	3
<i>Chenopodium album</i>					I	0,4	+	+
<i>Galeopsis tetrahit</i>					I	0,4	+	+
<i>Humulus lupulus</i>					I	0,4	+	+
<i>Iris pseudacorus</i>					I	0,4	+	+
<i>Linaria vulgaris</i>					I	0,4	+	+
<i>Mentha x verticillata</i>					I	0,4	+	+
<i>Pimpinella major</i>					I	0,4	+	+
<i>Rumex acetosella</i>					I	70,0	2	2
<i>Rumex aquaticus</i>					I	0,4	+	+
<i>Scirpus sylvaticus</i>					I	0,4	+	+
<i>Scrophularia nodosa</i>					I	0,4	+	+
<i>Silene vulgaris</i>					I	0,4	+	+
<i>Sonchus arvensis</i>					I	0,4	+	+
<i>Stellaria graminea</i>					I	0,4	+	+
<i>Symphytum officinale</i>					I	0,4	+	+
<i>Taraxacum officinale</i>					I	0,4	+	+

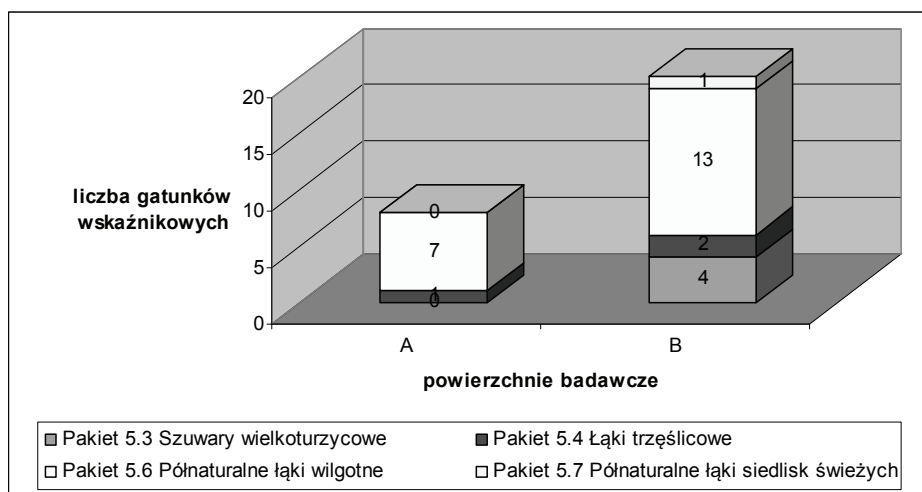
S – stałość fitosocjologiczna

D – współczynnik pokrycia

min., max – maksymalna i minimalna ilościowość



Fot. 1. Kukułka krwista *Dactylorhiza incarnata* na stanowisku B – Bnin – fot. E. Krasicka-Korczyńska



Rys. 1. Liczba gatunków wskaźnikowych w kompleksie łąkowym A – Samostrzel i B – Bnin

Z gatunków wskaźnikowych na powierzchni A – Samostrzel z najwyższą stałością występuje ostrożeń warzywny *Cirsium oleraceum*, gatunek charakterystyczny dla zespołu *Angelico Cirsietum oleracei*, poza tym dość licznie firletka poszarpana *Lychnis flos-cuculi* i komonica błotna *Lotus uliginosus*. Z pozostałych gatunków wskaźnikowych występuje coraz rzadszy w tym regionie przetacznik długolistny *Veronica longifolia* i rdest wężownik *Polygonum bistorta* (tab. 2). Na powierzchni B – Bnin

z największą częstotliwością występuje kukulka krwista *Dactylorhiza incarnata* i ostrożeń warzywny *Cirsium oleraceum* oraz przetacznik długolistny *Veronica longifolia*, rzadziej natomiast: rdest wężownik *Polygonum bistorta*, komonica błotna *Lotus uliginosus* i kozłek lekarski *Valeriana officinalis*. Pojedynczo występują: biedrzynek wielki *Pimpinella major* i ostrożeń błotny *Cirsium palustre*. Knieć błotna *Caltha palustris* stwierdzona została tylko 2 razy. Pozostałe gatunki wskaźnikowe wystąpiły 5-8 razy.

Tabela 2. Gatunki wskaźnikowe na powierzchniach łąk A – Samostrzel i B – Bnin

Lp.	Gatunki wskaźnikowe	Pakiet 5.3 lista B		Pakiet 5.4 lista C		Pakiet 5.6 lista E		Pakiet 5.7 lista F	
		A	B	A	B	A	B	A	B
	Powierzchnia łąkowa								
1.	<i>Caltha palustris</i>						X		
2.	<i>Carex gracilis</i>		X						
3.	<i>Carex acutiformis</i>		X						
4.	<i>Carex elata</i>		X						
5.	<i>Carex paniculata</i>		X						
6.	<i>Cirsium oleraceum</i>					X	X		
7.	<i>Cirsium palustre</i>					X	X		
8.	<i>Dactylorhiza incarnata</i>				X		X		
9.	<i>Geum rivale</i>						X		
10.	<i>Lotus uliginosus</i>					X	X		
11.	<i>Lychnis flos-cuculi</i>					X	X		
12.	<i>Myosotis palustris</i>					X			
13.	<i>Ostericum palustre</i>			X	X				
14.	<i>Pimpinella major</i>								X
15.	<i>Polygonum bistorta</i>					X	X		
16.	<i>Thalictrum flavum</i>						X		
17.	<i>Valeriana officinalis</i>						X		
18.	<i>Veronica longifolia</i>					X	X		

Gatunki chronione – pogrubioną czcionką; X – obecność gatunku

Na całej powierzchni łąk w Samostrzeli – A obserwuje się liczne występowanie mozgi trzcinowatej *Phalaris arundinaceae* (fot. 2). Poza tym w runi łąkowej występują pospolite gatunki, częste w większości fitocenoz łąkowych: jaskier ostry *Ranunculus acris*, jaskier rozłogowy *R. Repens*, kostrzewa czerwona *Festuca rubra*, skrzyp błotny *Equisetum palustre*, turzyca pospolita *Carex nigra*, kłosówka wełnista *Holcus lanatus*, krwawnik pospolity *Achillea millefolium*, babka lancetowata *Plantago lanceolata*. W mozaice płatów najniżej położonych niewielkie powierzchnie zajmują zbiorowiska turzyc, najczęściej turzyca zaostrowa *Carex acuta* i turzyca błotna *C. acutiformis*. Na powierzchni w Bninie nie stwierdza się wyraźnej dominacji któregoś z gatunków roślin. Łąka charakteryzuje się zróżnicowaną strukturą przestrzenną i gatunkową, gdzie wyraźnie zaznacza się udział storczyka kukulki krwistej *Dactylorhiza incarnata* (fot. 3). Zbiorowiskiem dominującym w obydwu kompleksach łąkowych jest zespół ostrożeń warzywnego i dzięgiela leśnego *Angelico-Cirsietum oleracei* [Matuszkiewicz 2005], z tą różnicą że na łąkach w Bninie jest lepiej wykształcony. Na powierzchni w Samostrzeli obserwuje się też rozległe płaty zbiorowisk turzycowych, zespół turzycy zaostrowej *Caricetum gracilis* i turzycy błotnej *Caricetum acutiformis*. Na łąkach w Bninie gatunki te występują również, ale nie tworzą tak rozległych płatów zbiorowisk.



Fot. 2. Zubożała ruń łąkowa z dominującą mozgą trzcinową *Phalaris arundinacea* na stanowisku A – Samostrzel – fot. E. Krasicka-Korczyńska



Fot. 3. Różnogatunkowa ruń łąkowa z kukułką krwistą *Dactylorhiza incarnata* na stanowisku B – Bnin – fot. E. Krasicka-Korczyńska

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Flora łąk kompleksu w Samostrzelu jest zdecydowanie uboższa niż w Bninie. Na łąkach w Samostrzelu występuje prawie o połowę mniej gatunków roślin naczyniowych, natomiast dość licznie gatunek charakterystyczny dla zespołu *Angelico-Cirsietum oleracei* dzięgiel leśny *Angelica sylvestris*. Zaobserwowano liczne występowanie *Phalaris arundinaceae*, co prawdopodobnie związane jest z wysoką żyznością siedlisk, na co, poza stosowanym nawożeniem mineralnym, ma wpływ bezpośrednie sąsiedztwo z dużym kompleksem stawów rybackich położonych od strony wschodniej. Wody rzeki Noteci spływają w kierunku zachodnim i przenoszą (poprzez przesiąkanie) składniki pokarmowe ze stawów rybackich na obszary sąsiadujące. Są to wody o wysokiej trofii, które sprzyjają występowaniu gatunków nitrofilnych. Zabieg wałowania sprzyja rozwojowi gatunków traw [Dembek 2008], które są konkurencyjne dla roślin dwuliściennych. Wprawdzie na łąkach w Bninie wałowanie też jest stosowane, ale wykonuje się jednokrotne wczesne. Każdy zabieg zbioru runi łąkowej związany jest z dodatkowym ugniataniem podłoża, szczególnie obecnie, kiedy stosowany jest ciężki sprzęt rolniczy. Dzięki jednokrotnemu, dość wczesnemu (w czerwcu) koszeniu runi łąkowej, pozostaje dla roślin jeszcze długi okres wegetacyjny o korzystnych warunkach pogodowych. Większość roślin swobodnie odrasta, a część z nich zakwita i wydaje owoce, wzbogacając bank nasion. Koszenie II pokosu w sierpniu ogranicza możliwość dobrego odrastania z uwagi na mniejszą ilość opadów w tym miesiącu i zwykle niższe temperatury powietrza. To również może być przyczyną niższego bogactwa gatunkowego na łąkach w Samostrzelu. Na łąkach w Bninie stwierdzono bardzo liczne występowanie kukułki krwistej *Dactylorhiza incarnata*, aż 1100 kwitnących osobników, podczas gdy na łąkach w Samostrzelu gatunek ten nie występuje. Również na innych łąkach w Dolinie Noteci jest gatunkiem rzadkim. Prawdopodobnie poza sposobem obecnego użytkowania na różnorodność tych łąk wpływ ma historia stosowania wcześniejszej agrotechniki. Łąki te wcześniej w latach 80. i później nie były podsiewane. Okresowo nie były koszone lub też pokosów dokonywano jednokrotnie, późnym latem w sierpniu lub nawet we wrześniu (informacja ustna). Gatunki storczyków, z uwagi na mikoryzę, są wyjątkowo wrażliwe na stosowanie zabiegów orania i podsiewania [Krasicka-Korczyńska i Korczyński 2007]. Starodub łąkowy *Ostericum palustre* na omawianych łąkach występuje nielicznie, podczas gdy w Dolinie Noteci ma wiele stanowisk, często bardzo licznych [Krasicka-Korczyńska i Rutkowski 2005, Krasicka-Korczyńska 2008b, 2009, 2011].

Zwraca też uwagę bardzo rzadkie występowanie knieci błotnej *Caltha palustris* – gatunku niegdyś bardzo licznego na okresowo zalewanych łąkach w Dolinie Noteci. W chwili obecnej wylewy rzeki zdarzają się bardzo rzadko, a intensywny system odwadniający skutecznie osusza powierzchnię łąk. Z tych samych powodów bardzo rzadko spotyka się na łąkach niezapominajkę błotną *Myosotis palustris* i ostrożeń błotny *Cirsium palustre*, którego częściej znaleźć można w okolicznych rowach melioracyjnych bądź w ich sąsiedztwie. Obserwuje się coraz częstsze występowanie na łąkach rutewki żółtej *Thalictrum flavum*, która dość dobrze znosi przesuszenie.

Oczekuje się, że wprowadzony w 2010 roku program rolnośrodowiskowy, pakiet 5.6 – Półnaturalne łąki wilgotne (Dz.U. Nr 33, poz. 262 z 2009 02 26), na obydwu analizowanych kompleksach łąkowych poprawi warunki wzrostu roślin, szczególnie na łąkach w Samostrzelu. Zaniechanie wałowania pogorszy warunki wzrostu traw, co z kolei umożliwi lepszy wzrost gatunkom dwuliściennym. Wprawdzie Pakiet ten ustala

dwukrotne koszenie łąk, ale pierwszego pokosu można dokonać dopiero 15 czerwca, co pozwoli wielu gatunkom łąkowym zakwitnąć i przynajmniej częściowo wytworzyć owoce. Obecnie coraz częściej ruń łąkowa koszona jest bardzo wcześnie, w połowie maja, co uniemożliwia jej pełny rozwój.

LITERATURA

- Brzeg A., Wojterska M., 1996. Przegląd systematyczny zbiorowisk roślinnych Wielkopolski wraz z oceną stopnia ich zagrożenia. *Bad. Fizjogr. Polską Zach. B*(45), 7-40.
- Dembek R., 2008. Wartość rolnicza ekstensywnie użytkowanych łąk w dolinie Kanału Bydgoskiego. *Łąkarstwo w Polsce* 11, 237-245.
- Grynia M., Kryszak A., 1997. The occurrence and diversity of grass species in plant communities of the *Molinio-Arrhenatheretea* class in the Wielkopolska region (Poland). *Fragm. Floristica et Geobotanica* 42(2), 311-325.
- Kondracki J., 2009. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Krasicka-Korczyńska E., 2008a. Effect of the cutting date on blooming and fruit-bearing of *Ostericum palustre* Besser. *Acta Agrobot.* 61(1), 129-136.
- Krasicka-Korczyńska E., 2008b. Flora łąk w Dolinie Kanału Bydgoskiego. [W:] *Zasoby przyrodnicze i kulturowe drogi wodnej Wisła-Odra*, red. D. Szumińska, Urząd Marszałkowski Woj. Kuj.-Pom. Inst. Geogr. UKW Bydgoszcz, 38-50.
- Krasicka-Korczyńska E., 2009. Swamp angelica *Ostericum palustre* Besser. in grassland complexes of the Noteć river valley and the Bydgoszcz Canal. [W:] *Understanding the Requirements for Development of Agricultural Production and of rural areas in the Kuyavian-Pomeranian Province as result of scientific research*, ed. E. Śliwińska, E. Spychaj-Fabisiaik. University of Technology and Life Sciences Press Bydgoszcz, 199-209.
- Krasicka-Korczyńska E., 2011. *Ostericum palustre* Besser occurrences in biochores of agro-environmental programme P01b meadows. *Ekologia i Technika* XIX(3A), 224-228.
- Krasicka-Korczyńska E., Korczyński M., 2007. Metaplantacja kukułki krwistej (*Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó) z obszaru zainwestowania. *Ekologia i Technika* XV(4), 127-130.
- Krasicka-Korczyńska E., Korczyński M., Miklaszewski R., 2008a. *Cypripedium calceolus* L. w rezerwacie „Wyspa na jeziorze Wielkie Partęczyny”. [W:] *Problemy badawcze i perspektywy ochrony storczykowatych w Polsce*, red. E. Brzosko, A. Wróblewska, L. Tałała. Uniwersytet w Białymstoku, Biebrzański Park Narodowy, Osowiec-Twierdza, 69-76.
- Krasicka-Korczyńska E., Rutkowski L., 2005. Biodiversity of *Molinia* meadows in Folusz near Szubin. [W:] *Biodiversity in Relation to Vegetation Zones in Europe*, ed. K. Czyżewska, J. Hereźniak. University of Łódź Publishing House, 97-107.
- Krasicka-Korczyńska E., Załuski T., Ratyńska H., Korczyński M., 2008b. Roślinność siedlisk łąkowych i użytków przyrodniczych w regionie kujawsko-pomorskim. *Podręcznik dla doradców rolnośrodowiskowych*. Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego Minikowo.
- Kucharski L., 1999. *Szata roślinna łąk Polski Środkowej i jej zmiany w XX stuleciu*. Wyd. Uniw. Łódzkiego.
- Łyszczarz R., Łuniewski M., 2006. Możliwości odtworzenia potencjału produkcyjnego ekstensywnie użytkowanych trwałych łąk w dolinie Kanału Bydgoskiego. [W:] *Człowiek i środowisko przyrodnicze Pomorza Zachodniego*. T.1, red. J. Tarasiuk, J. Kępczyński. Uniwersytet Szczeciński.
- Matuszkiewicz J. M., 2008. *Regionalizacja geobotaniczna Polski*. IGiPZ PAN Warszawa.
- Matuszkiewicz W., 2005. *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.

- Michalska-Hejduk D., 2004. Najcenniejsze przyrodniczo obszary łąk i turzycowisk zachodniej części Kampinowskiego Parku Narodowego oraz propozycje ich ochrony. *Parki nar. Rez. Przyr.* 23(2), 203-218.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski. [W:] Biodiversity of Poland. Różnorodność biologiczna Polski, red. Z. Mirek, Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences Kraków.
- Pawłowski B., 1972. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. [W:] Szata roślinna Polski. T.2, red. W. Szafer, K. Zarzycki. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Ratyńska H., 2008. Bioróżnorodność użytków zielonych regionu kujawsko-pomorskiego. [W:] Krajobraz i bioróżnorodność, red. S. Kaczmarek. Wyd. UKW Bydgoszcz.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 26 lutego 2009 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu przyznawania pomocy finansowej w ramach działania "Program rolnośrodowiskowy" objętego Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013 (Dz.U. Nr 33, poz. 262 z 2009 02 26) z późn. zmianami.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 13 kwietnia 2010 r. w sprawie siedlisk przyrodniczych oraz gatunków będących przedmiotem zainteresowania Wspólnoty, a także kryteriów wyboru obszarów kwalifikujących się do uznania lub wyznaczania jako obszary Natura 2000. Dz.U. Nr 77, poz. 510, 2010.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 stycznia 2012 r. w sprawie gatunków dziko występujących roślin objętych ochroną (Dz.U. Nr 0, poz. 81 z 20 stycznia 2012 r.).
- Rutkowski L., 1997. II Rośliny naczyniowe – *Tracheophyta*. [W:] Czerwona lista roślin i zwierząt ginących i zagrożonych w regionie kujawsko-pomorskim. *Acta Univ. Nicol. Copernici. Biologia* 53(98), 5-19.
- Załuski T., 2004. *Ostericum palustre* Besser, starodub łąkowy. [W:] Gatunki roślin. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – poradnik metodyczny. T.9, red. B. Sudnik-Wójcikowska, H. Werblan-Jakubiec Ministerstwo Środowiska.

SPOSÓB UŻYTKOWANIA PRZYLEGLYCH GRUNTÓW NABRZEŻNYCH A STĘŻENIE JONÓW BIOGENNYCH W WODZIE JEZIORA WIERZCHUCIŃSKIEGO DUŻEGO

**Barbara Murawska, Ewa Spychaj-Fabisiak, Maria Ralcewicz
Tomasz Knapowski, Aleksandra Piekut**

Katedra Chemii Rolnej
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

WSTĘP

Działalność rolnicza silnie oddziałuje na jakość zasobów naturalnych środowiska, przede wszystkim na jakość wody i gleby. W środowisku rozproszeniu ulegają środki chemiczne (nawozy, pestycydy) stosowane w produkcji rolnej [Cymes i Szymczyk 2004]. Skala tego oddziaływania jest bezpośrednio związana z poziomem intensywności i sposobem użytkowania gleby oraz stopniem koncentracji produkcji zwierzęcej [Domska i in. 2006, Pokładek i in. 2011]. Zdolność ekosystemów do przetwarzania zanieczyszczeń i odpadów jest ograniczona, a jakość wód powierzchniowych modyfikowana jest w znacznym stopniu przez docierające na teren zlewni wody opadowe, jak również w wyniku działalności człowieka [Durkowski i Woronecki 2001, Sapek i Sapek 2005, Bedryj i in. 2007].

W związku z powyższym podjęto badania, których celem było określenie wpływu sposobu użytkowania przyległych gruntów nabrzeżnych na stężenie jonów biogenych w próbkach wody jeziora Wierzchucińskiego Dużego, pobranych w dwóch odległościach od linii brzegu wiosną i jesienią w latach 2008-2011.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono wykorzystując próbki wody pobranej z jeziora Wierzchucińskiego Dużego zlokalizowanego na terenie gminy Sicienko w miejscowości Wierzchucinek w województwie kujawsko-pomorskim. Powierzchnia jeziora wynosi 49,2 ha, a głębokość maksymalna 25 m (rys. 1). Położone jest ono w Rynnie Byszewskiej.



Rys. 1. Jezioro Wierzchucińskie Duże w Wierzchucinku
źródło: www.pl.wikipedia.org

Wokół jeziora znajdują się pola uprawne, gospodarstwo indywidualne, łąki i pastwiska, pola doświadczalne Stacji Badawczej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego oraz ogródki działkowe. W okresie letnim jezioro to jest intensywnie użytkowane rekreacyjnie i turystycznie.

Próbki do badań pobrano z otwartego lustra wody, w ośmiu punktach jeziora w zależności od sposobu użytkowania przyległych gruntów nabrzeżnych (tab. 1), w odległości 0,5 m i 3 m od linii brzegu (strefa brzegowa nie była porośnięta) w trzech powtórzeniach, zgodnie z obowiązującą normą PN 88/C-04632/4 (0). Pobierano je w latach 2008-2011 w trzeciej dekadzie września (średnia temperatura powietrza wynosiła 10,7°C) oraz w trzeciej dekadzie marca (średnia temperatura powietrza wynosiła 6,0°C), jezioro w tym czasie nie miało pokrywy lodowej. Czynniki doświadczenia były:

- I czynnik – termin pobierania próbek (n = 2: wrzesień i marzec),
- II czynnik – sposób użytkowania przyległych gruntów nabrzeżnych (n = 8, tab.1),
- III czynnik – odległość od linii brzegu (n = 2: 0,5 m, 3 m).

W próbkach wody oznaczono następujące parametry:

- zawartość fosforanów (PN 91/C-04537.09),
- zawartość azotu amonowego (PN 73/C-4576.03.05),
- zawartość azotu azotanowego (V) (PN 73/C-04576.06).

Tabela 1. Lokalizacja punktów poboru próbek wody do badań

Sposób użytkowania terenu	Numer punktu
Pola doświadczalne Stacja Badawcza UTP	1
Działki rekreacyjne	2
Pole uprawne – żyto	3
Plaża	4
Trwałe Użytki Zielone	5
Pole uprawne – rzepak	6
Pole uprawne – kukurydza	7
Gospodarstwo indywidualne	8

Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie, poddając je trzyczynnikowej analizie wariancji według modelu zgodnego z układem doświadczenia, wykorzystując do oceny istotności różnic test Tukeya.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Obecność azotu amonowego w wodach powierzchniowych jest wypadkową wielu czynników, z których najważniejsze znaczenie mają: rozwój roślinności wodnej, temperatura, dopływ amoniaku ze źródeł punktowych i obszarowych, warunki tlenowe [Fic i in. 2006].

Stężenie tej formy azotu w próbkach wody pobranej z jeziora Wierzhuczińskiego Dużego kształtowało się średnio w granicach od 0,06 do 0,7 mg·dm⁻³ (tab. 2). Największe stężenie stwierdzono w próbkach wody pobranych wiosną z linii brzegu jeziora, gdzie usytuowane są grunty orne, na których uprawiano kukurydzę, pod którą stosowano wysokie dawki azotu (200 kg N·ha⁻¹). Wartość ta pozwala zakwalifikować wody w tym miejscu do II klasy jakości (wg Rozporządzenia MOŚZNiL). Określone średnie zawartości azotu amonowego w pozostałych próbkach pozwoliły natomiast zakwalifikować wody jeziora Wierzhuczińskiego Dużego, wg normy (Rozporządzenie MOŚZNiL z dnia 11 lutego 2004 r.), do I klasy czystości, bowiem stężenie N-NH₄ nie przekraczało wartości 0,5 mg·dm⁻³, która jest górną granicą w tej klasie.

Tabela 2. Średnia zawartość azotu amonowego w badanych próbkach wody w latach 2008-2011

Zawartość azotu amonowego w jeziorze (mg N-NH ₄ · dm ⁻³)									
Okres pobierania próbki wody	Odległość od brzegu	Miejsce poboru prób*							
		1	2	3	4	5	6	7	8
30 września	0,5 m	0,19a	0,13c	0,13c	0,10e	0,11d	0,11d	0,14b	0,11d
	3,0 m	0,14a	0,11c	0,11c	0,11c	0,13b	0,07d	0,06e	0,07d
30 marca	0,5 m	0,28a	0,27b	0,27b	0,17f	0,25c	0,22d	0,25c	0,19e
	3,0 m	0,25b	0,21d	0,22c	0,17e	0,14f	0,17e	0,70a	0,14f
x		0,22^x	0,18^x	0,19^x	0,14^x	0,16^x	0,14^x	0,29^x	0,13^x

x – wartości średnie różniące się istotnie w zależności od terminu poboru próbek wody

* – wartości różniące się istotnie w zależności od odległości poboru próbek wody od linii brzegu

a, b... – wartości średnie oznaczone różnymi literami w rzędzie różnią się statystycznie istotnie w zależności od sposobu użytkowania linii brzegu (miejsca poboru próbek wody)

• – lokalizację punktu pomiarowego poboru próbek wody (sposób użytkowania linii brzegu) podano w tabeli 1

Zawartość badanego parametru w analizowanych próbkach wody jeziora Wierchucińskiego Dużego była również istotnie zależna od terminu poboru próbek. Średnio istotnie wyższe stężenie azotu amonowego stwierdzono w próbkach wody pobieranych wczesną wiosną, było ono istotnie wyższe w porównaniu z zawartością stwierdzoną w próbkach wody pobranych jesienią.

Stężenie azotu amonowego wykazuje znaczne wahania w ciągu roku. W okresach niskich temperatur, gdy w wodzie ograniczone są procesy biologiczne, a proces nityfikacji jest zahamowany, stężenie tej formy azotu jest wyższe, co zaobserwowano w przeprowadzonych badaniach. Według Siemieniuk i Szczykowskiej [2008] największe stężenie azotu amonowego występuje w okresach pojawiania się okrywy lodowej.

W okresach wyższych temperatur, gdy amoniak zużywany jest przez rośliny oraz podlega procesom nityfikacji, jego stężenia są niższe [Koc i Szymczyk 2003a]. Dom-ska i in. [2006] oraz Cieśliewicz i in. [1996] zaobserwowali natomiast wyższe zawartości azotu amonowego w próbkach wody w okresie jesiennym w porównaniu z zawartością stwierdzoną w okresie wiosennym.

Stwierdzono również istotny wpływ sposobu użytkowania przyległych gruntów nabrzeżnych zlokalizowanych wokół brzegu jeziora na zawartość azotu amonowego (tab. 2) w próbkach wody. Istotnie największe stężenie badanego parametru, wynoszące 0,70 mg·dm⁻³ w stosunku do pozostałych obiektów, stwierdzono w próbkach wody pobranej wiosną z punktu, gdzie jezioro graniczy z polami, na których uprawiano kukurydzę (obiekt 7) w odległości 3 m od linii brzegu, co kwalifikowało ją do II klasy jakości. Najmniejsze stężenia (0,06 i 0,07 mg·dm⁻³) odnotowano w próbkach wody pobranych jesienią w odległości 3 m od linii brzegu, w miejscach, w których linia brzegu graniczyła z polami, gdzie uprawiano kukurydzę i rzepak oraz zlokalizowane było gospodarstwo indywidualne (obiekt 6, 7 i 8). Niskie stężenie tej formy azotu w próbkach wody pobranych w miejscach graniczących z gospodarstwem indywidualnym świadczy o nieodprowadzaniu ścieków bytowych do wody jeziora. Zazwyczaj jednak – jak wykazują badania – to właśnie gospodarstwa domowe są odpowiedzialne za wysokie stężenie azotu amonowego w wodach powierzchniowych, w wyniku niekontrolowanych zrzutów ścieków [Cymes i Szymczyk 2004].

Obecność nie tylko azotu amonowego, ale również azotanów(V) w wodach stanowi jeden z najpoważniejszych i powszechnie występujących problemów, zwłaszcza w obszarach rolniczych. Podwyższona zawartość azotanów(V) jest niepożądana, bowiem należą one do grupy związków biogennych, które przyczyniają się bezpośrednio do degradacji wód powierzchniowych, a ich stężenie w zbiornikach wodnych często uzależnione jest od rozwoju biomasy [Kubiak i Tórz 2005]. Przyczyną wysokich stężeń tej formy azotu mogą być między innymi niekontrolowane spływy powierzchniowe, infiltracja zanieczyszczeń z obszarów rolniczych.

Stężenie azotanów(V) w badanych próbach wody jeziora Wierchucińskiego Dużego było niskie i wynosiło od 0,02 do 0,91 mg·dm⁻³ (tab. 3), co pozwoliło zaliczyć je do I klasy czystości, ponieważ stężenie N-NO₃ nie przekraczało 5 mg·dm⁻³. Jednocześnie zaobserwowano istotnie większe stężenie azotanów(V) w próbkach pobranych wiosną w porównaniu z zawartością stwierdzoną w próbkach pobranych jesienią – zatem tak samo jak w przypadku azotu amonowego (tab. 2).

Tabela 3. Średnia zawartość azotu azotanowego w badanych próbach wody latach 2008-2011

Zawartość azotu azotanowego w jeziorze (mg N-NO ₃ · dm ⁻³)									
Okres pobierania próbki wody	Odległość od brzegu	Miejsce poboru prób*							
		1	2	3	4	5	6	7	8
30 września	0,5 m	0,33*a	0,02g	0,32*b	0,08f	0,09*f	0,16*d	0,14*c	0,18*c
	3,0 m	0,13d	0,06*f	0,28b	0,18*c	0,02g	0,13d	0,33a	0,11e
30 marca	0,5 m	1,00*c	1,12*b	1,15*a	0,35*h	0,64*g	0,70*f	0,91*e	0,92*d
	3,0 m	0,75b	0,81a	0,52f	0,32h	0,42g	0,62e	0,74c	0,69d
x		0,55^x	0,50^x	0,57^x	0,27^x	0,33^x	0,37^x	0,52^x	0,48^x

* objaśnienia w tabeli 1

Wzrost zawartości azotanów(V) w wodach w okresie wiosennym może być efektem preferencyjnego wymywania tych jonów z topniejącej pokrywy śnieżnej [Kuhl 2001, Feng 2002] jak również spływami podpowierzchniowymi w okresie pozawegacyjnym, kiedy to rośliny nie nadążają z ich pobieraniem [Pulikowski i in. 2005, Koc i Sidoruk 2006].

Sposób użytkowania przyległych gruntów nabrzeżnych zlokalizowanych wokół jeziora również istotnie determinował zawartości N-NO₃ w badanych próbkach wody (tab. 3). Największe stężenie stwierdzono w próbkach wody pobranej wiosną z obiektu przylegającego do działek rekreacyjnych (obiekt 2), stężenie to było istotnie wyższe w porównaniu z wartościami stwierdzonymi w próbkach pobranych z pozostałych punktów poboru. Prawdopodobnie jest to wynik zrzutu punktowego ścieków bytowo-gospodarczych użytkowników działek w przeciwieństwie do gospodarstwa indywidualnego, jak również wiosennych spływów powierzchniowych [Ilnicki 2002], co wskazuje na konieczność inwestowania w infrastrukturę wodno-ściekową w badanej gminie. Najniższą, prawie 48-krotnie niższą zawartość, zanotowano natomiast w próbkach wody pobranej jesienią z obiektu przylegającego do trwałych użytków zielonych (0,02 mg·dm⁻³). Obecność w krajobrazie rolniczym takich elementów, jak pasy łąk znacznie ogranicza wypłukiwanie jonów azotanowych(V), ponieważ użytki zielone bardzo dobrze wykorzystują nawożenie mineralne, zwłaszcza azotowe [Sapek i Sapek 2005]. Stężenie N-NO₃ w zbiorniku wodnym, do którego bezpośrednio przylegają pola uprawne, jest większe aniżeli w zbiorniku wodnym otoczonym pasem łąki [Szpakowska i Karlik 2002]. Dlatego też wymywanie składników pokarmowych

z gleby pod użytkami zielonymi (obiekt 5) jest mniejsze szczególnie jesienią niż na gruntach ornym (obiekt 6, 7), co stwierdzono również w przeprowadzonych badaniach.

Odległość miejsca poboru próbek wody od linii brzegu jeziora również istotnie determinowała zawartość azotanów(V). Stwierdzono, że zawartość badanego wskaźnika w próbkach wody pobranych w odległości 0,5 m od linii brzegu była na ogół większa od stężenia stwierdzonego w próbkach pobranych w odległości 3 m od linii brzegu jeziora. Było to prawdopodobnie wynikiem procesu samooczyszczania się jeziora [Cymes i Szymczyk 2004].

Związki fosforu są stałym składnikiem wód powierzchniowych, a ich stężenia zależą od poziomu zanieczyszczenia wód, w związku z tym są zmienne w ciągu roku [Płuciennik i Szustakowski 2005]. Fosforany są szybko kumulowane przez osady dennie i powoli przechodzą z powrotem do toni wodnej. Nadmiar stężenia fosforanów w wodach powierzchniowych stanowi istotny problem z powodu przyspieszenia rozwoju glonów, które w procesie fotosyntezy wytwarzają toksyczne substancje [Smoroń 1998, Filipek 2002].

Zawartość fosforanów w próbach wody pobranych zanalizowanego zbiornika kształtowała się w zakresie od 0,04 do 2,19 mg·dm⁻³, co klasyfikowało je od I do V klasy jakości wód powierzchniowych (tab. 4).

Tabela 4. Średnia zawartość fosforanów w badanych próbach wody latach 2008-2011

Zawartość fosforanów w jeziorze (mg · dm ⁻³)								
Okres pobierania próbki wody	Odległość od brzegu	Miejsce poboru prób*						
		1	2	3	4	5	6	7
30 września	0,5 m	0,10e	0,13d	0,33*a	0,08*f	0,09*e	0,15*c	0,20*b
	3,0 m	0,09c	0,12b	0,17a	0,04d	0,04d	0,10d	0,09c
30 marca	0,5 m	1,46*c	0,65*g	2,12*b	0,71*f	0,71*f	2,19*a	0,92*d
	3,0 m	0,27f	0,20g	0,58c	0,54d	0,34e	0,73a	0,63b
x		0,48 ^x	0,27 ^x	0,80 ^x	0,34 ^x	0,29 ^x	0,79 ^x	0,46 ^x

* objaśnienia w tabeli 1

Stwierdzono istotnie większe stężenie fosforanów w próbkach wody pobranej wczesną wiosną (marzec) w porównaniu z zawartością stwierdzoną jesienią (wrzesień), co znalazło potwierdzenie w badaniach innych autorów [Płuciennik i Szustakowski 2005, Siemieniuk i Szczykowska 2008]. Tereny użytkowane rolniczo stwarzają największe zagrożenie zanieczyszczenia fosforanami wód powierzchniowych w okresie zimowym i wczesną wiosną. Jest to wynikiem intensywniejszego wymywania związków fosforu uwalnianych podczas rozkładu nagromadzonej w okresie wegetacji materii organicznej, a także brakiem jego pobierania w tym okresie przez rośliny [Koc i Szymczyk 2003b].

Sposób użytkowania gruntów wokół jeziora istotnie modyfikował stężenie fosforanów w badanych próbkach wody (tab. 4). Największe stężenie fosforanów stwierdzono w próbkach wody pobranych wiosną z punktów, które graniczą z polami produkcyjnymi (na których uprawiano rzepak żyto) oraz z polami doświadczalnymi UTP (obiekty 6, 3 i 1). Wzrost stężenia omawianego biogenu w wyżej wymienionych punktach poboru wody spowodowany był stosowanym intensywnym nawożeniem mineralnym i naturalnym na polach produkcyjnych przyległych gruntów nabrzeżnych. Efektem tego było prawdopodobnie rozproszenie w środowisku i jego większe wypłukiwanie, a w konsekwencji pogorszenie jakości wód jeziora [Grabińska i in. 2005]. Dotychczas sądzono, że fosforany dostarczane z nawozami w znacznych ilościach mają mały udział w zanie-

czyszczeniach wód. Wiązało się to ze zjawiskiem unieruchamiania fosforanów w glebie dzięki ich właściwościom sorpcyjnym [Szpakowska i Karlik 2002]. Ostatnio jednak, jak wykazały również przeprowadzone badania, w wodach terenów użytkowanych rolniczo obserwuje się wzrost stężenia fosforanów [Filipek 2002, Sapek 2002].

Istotnie najmniejsze stężenie fosforanów w stosunku do pozostałych badanych obiektów odnotowano w próbkach wody ($0,04 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) pobranych jesienią z punktu graniczącego z plażą i trwałymi użytkami zielonymi. Uzyskane wartości kwalifikują badane próbki wody do wód I klasy czystości. Równie niską zawartość fosforanów stwierdzono w próbkach pobranych w miejscu, które graniczy z gospodarstwem indywidualnym ($0,08 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Niska zawartość fosforanów w punkcie pomiarowym przylegającym do gospodarstwa domowego świadczy o nieodprowadzaniu ścieków do jeziora. Jednak – jak wykazują badania – to właśnie gospodarstwa domowe są odpowiedzialne za wysokie stężenia fosforanów w wodach powierzchniowych w wyniku niekontrolowanych zrzutów ścieków zawierających duże ilości środków piorących [Grochowska i Tandyrak 2007]. Odległość poboru próbek wody od linii brzegu również istotnie różnicowała zawartość badanego parametru. Zawartość fosforanów w próbkach wody pobranej w odległości 0,5 m od linii brzegu była istotnie wyższa w porównaniu z wartościami stwierdzonymi w próbkach pobranych w odległości 3 m, z wyjątkiem zawartości stwierdzonej w próbkach pobranych jesienią w punktach 1 i 2.

WNIOSKI

1. Wyższymi zawartościami badanych jonów biogennych charakteryzowały się próbki wody pobrane wiosną w porównaniu z zawartością stwierdzoną w próbkach pobranych jesienią, niezależnie od sposobu użytkowania gruntów rolnych i odległości ich pobrania od linii brzegu.
2. Zawartości badanych parametrów w próbkach wody były istotnie determinowane sposobem użytkowania przyległych gruntów nabrzeżnych gruntów graniczących z linią brzegu jeziora:
 - największe stężenie azotu amonowego oraz azotanów(V) stwierdzono w próbkach wody pobranej z punktu, gdzie jezioro graniczy odpowiednio z polami, na których uprawiano kukurydzę oraz z działkami rekreacyjnymi,
 - średnio największe stężenie fosforanów stwierdzono w próbkach wody pobranych jesienią, gdzie jezioro graniczy z polami produkcyjnymi, na których uprawiano żyto i rzepak oraz polami doświadczalnymi,
 - najmniejsze stężenie azotu amonowego oraz azotanów(V) odnotowano natomiast w próbkach wody, gdzie jezioro graniczy odpowiednio: z polem uprawnym, na którym uprawiano rzepak i z gospodarstwem indywidualnym oraz z trwałymi użytkami zielonymi.
3. Stwierdzono również, że stężenie azotanów(V) i fosforanów było istotnie wyższe w próbkach wody pobranych bliżej linii brzegu jeziora (0,5 m) w porównaniu z wartościami stwierdzonymi w próbkach pobranych z odległości 3 m.
4. Uzyskane w badaniach wyższe stężenie azotanów(V) w wodzie badanego jeziora można tłumaczyć wysokim nawożeniem azotem pól uprawnych gruntów nabrzeżnych, a tym samym intensywniejszym jego wymywaniem niż jonów amonowych.
5. Na podstawie zawartości badanych jonów biogennych wody jeziora Wierchucińskiego Dużego można zakwalifikować na ogół do I i II klasy czystości.

LITERATURA

- Bedryj M., Olszewski T., Tyszewski S., 2007. Analiza czynników determinujących jakość wód powierzchniowych zlewni Samicy Stęszewskiej. *Gosp. Wod.* 3, 121-128.
- Cieśliewicz J., Gonet S., Noskowi J., 1996. Wpływ sposobu użytkowania zlewni na zawartość związków azotu w wodach Jezior. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 470, 35-43.
- Cymes I., Szymczyk S., 2004. Wpływ użytkowania i typu gleby na skład chemiczny wód w śródpolnych małych zbiornikach. *Nawozy i nawożenie* 2, 86-95.
- Domska D., Wojtkowiak K., Warechowska M., Raczkowski M., 2006. Wpływ użytkowania rolniczego na zawartość związków azotu i fosforu w wodzie jeziora Narie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 513, 81-86.
- Domska D., Wojtkowiak K., Warechowska M., Raczkowski M., 2005. Wpływ zróżnicowania obszarowego na zawartość niektórych związków w wodzie jeziora Narie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 505, 95-99.
- Durkowski T., Woroniecki T., 2001. Jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich Pomorza Zachodniego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 476, 365-371.
- Feng X.H., 2002. Solute transport processes in temperate snowpacks revealed from nitrate and sulfate concentrations. *Eos Transactions, American geophysical Union*, 83, 79-91.
- Fic M., Rossa L., Bzinkowska T., 2006. Związki azotu w wodach rzeki Utraty. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 513, 87-97.
- Filipek T., 2002. Zarządzanie zasobami fosforu w środowisku rolniczym. *Nawozy i Nawożenie* 4(13), 247-259.
- Grabińska B., Koc J., Skwierawski A., Rafałowska M., Sobczyńska-Wójcik K., 2005. Wpływ użytkowania zlewni na sezonowość odpływu fosforu do wód powierzchniowych. *J. Elem.* 10(3) II, 693-699.
- Grochowska J., Tandyrak R., 2007. Nitrogen and phosphorus compounds in Lake Pluszne. *Archiwum Ochrony Środowiska* 33(1), 59-66.
- Ilnicki P., 2002. Przyczyny, źródła i przebieg eutrofizacji wód powierzchniowych. *Przegląd Komunalny*, 2, 35-49.
- Koc J., Szymczyk S., 2003a. Wpływ intensyfikacji rolnictwa na odpływ z gleb azotu mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 494, 175-181.
- Koc J., Szymczyk S., 2003b. Wpływ intensyfikacji rolnictwa na odpływ z gleb fosforu do wód powierzchniowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 494, 183-189.
- Koc J., Sidoruk M., 2006. Wpływ użytkowania zlewni na ładunek azotu mineralnego dopływający do jezior z wodami powierzchniowymi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 513, 209-215.
- Kubiak J., Tórz A., 2005. Eutrofizacja. Podstawowe problemy ochrony wód jeziornych na Pomorzu zachodnim. *Słupskie Prace Biologiczne* 2, 17-35.
- Kuhl M., 2001. The nutrient cycle through snow and ice, a review. *Aquatic. Sci.* 63(2), 150-167.
- Pulikowski K., Paluch J., Paruch A., Kostrzewa S., 2005. Okres pojawiania się maksymalnych stężeń azotanów w wodach powierzchniowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 505, 339-345.
- Pluciennik E., Szustakowski M., 2005. Obieg fosforu w układzie woda – rośliny wodne – osady dennie. II Kongres Ochrony Środowiska, Monografie PAN 3, 219-225.
- Pokładek R., Kowalczyk T., Orzepowski W., Pulikowski K., 2011. Na, K, Ca and Mg concentrations in effluent water drained from Agricultura catchment basins in Lower Silieia. *J. Elem.* 16(3), 467-479.
- Rozporządzenie MOŚNiL z dnia 11 lutego 2004 roku w sprawie wartości granicznych wskaźników jakości wód powierzchniowych. *Dz.U.* Nr 32. poz. 284. zał. 1.
- Sapek A., Sapek B., 2005. Strategia gospodarowania azotem i fosforem w rolnictwie w aspekcie ochrony wód Morza Bałtyckiego. *IMUZ Falenty, Zesz. Edukac.* 10, 27-38.
- Sapek A., 2002. Rozpraszanie fosforu do środowiska – mechanizmy i skutki. *IMUZ Falenty, Zesz. Edukac.* 7, 9-23.

- Siemieniuk A., Szczykowska J., 2008. Charakterystyka jakości wody w zbiornikach retencyjnych woj. podlaskiego. *Ochrona Środowiska i zasobów Naturalnych* 35/36, 67-71.
- Smoroń S., 1998. Przenikanie substancji biogenych ze źródeł rolniczych do środowiska – czynnik eutrofizacji wód powierzchniowych. *IMUZ Falenty, Zesz. Edukac.* 5, 57-71.
- Szpakowska B., Karlik B., 2002. Wpływ struktury zlewni rolniczej na występowanie składników chemicznych w wodach. *Rocz. AR Poznań., Melior. Inż. Środ.* 23, 467-475.

ROŚLINNOŚĆ STARORZECZY I NATURALNYCH EUTROFICZNYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH ZE ZBIOROWISKAMI *NYMPHENION*, *POTAMION* W OBSZARZE NATURA 2000 RÓWNIANY SZUBIŃSKO-ŁABISZYŃSKIEJ PLH040029

Bogna Paczuska, Ewa Krasicka-Korczyńska

Katedra Botaniki i Ekologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Starorzecza to zbiorniki wodne, położone w dolinach rzecznych, trwale lub okresowo połączone z rzeką, czasem całkowicie od niej oddzielone. Nazywane są jeziorami rzecznyymi [Wojciechowska 2006] lub stawami [Kyselowa 1966] powstają w różny sposób: naturalnie, gdy rzeka odcina meandry tworząc naturalne zbiorniki wodne, bądź sztucznie przy zabiegach hydrotechnicznych regulacji rzeki [Dembowska i Napiórkowski 2012]. Najczęściej są to zbiorniki wodne o różnej powierzchni i głębokości od niewielkich zagłębień o powierzchni od kilkunastu metrów kwadratowych do zbiorników zajmujących kilka hektarów. Ze względu na swoje usytuowanie są w mniejszym lub większym stopniu poddane antropopresji. Niewielka głębokość starorzeczy często nieprzekraczająca 3 m powoduje, że w zbiornikach tych nie wyróżnia się stref typowych dla jezior: litoralu, pelagialu, profundalu.

Starorzecze funkcjonuje inaczej niż jezioro czy rzeka. Biocenoza jego ekosystemu ulega ciągłym zmianom. Podniesienie się poziomu wód rzecznych skutkuje okresowym połączeniem rzeki z wodami starorzeczy. Następuje wówczas dopływ biogenów i organizmów niesionych przez rzekę. Stan taki nazywamy potamofazą [Wojciechowska 2006], okresy izolacji (limnofazy) powodują, że następuje rozwój zbiorowisk organizmów typowych dla wód stojących. Przebudowa zbiorowisk najszybciej następuje w obrębie biocenozy glonów [Paczuska i Sadowska 2006]. Niektóre starorzecza stabilizują się, umożliwia to rozwój makrofytów, z licznymi mikrosiedliskami dla rozwoju epifitonu i bentofitonu [Wojciechowska 2006]. Gdy bardzo płytkie o niewielkiej powierzchni starorzecza, w ciągu lata nie są zasilane opadami mogą okresowo wysychać. Zjawisko takie zaobserwowano w Dolinie Dolnej Wisły, w okolicy Trzęsacza i Złej Wsi. Wówczas zbiorniki te mają charakter silnie astatycznych ekosystemów wodnych, gdzie zmiany biocenozy warunkowane są szybko zmieniającymi się warunkami ekologicznymi.

Starorzecza jako naturalne eutroficzne zbiorniki wodne są siedliskami cennymi przyrodniczo, oznaczone kodem 3150 włączane są w obszary Natura 2000, stanowią miejsce występowania wielu zagrożonych i chronionych gatunków roślin i zwierząt, przyczyniają się do zwiększania różnorodności biologicznej dolin rzecznych. Glony są niejednorodną pod względem taksonomicznym grupą roślin niższych, występujących w różnych środowiskach wodnych i lądowych. W jeziorach tworzą grupy ekologiczne: fitoplankton – frakcję zawieszoną w toni wodnej, fitobentos – frakcję porastającą dno, epifiton – frakcję porastającą inne rośliny. Jako autotrofy są pierwszym elementem sieci troficznej w wodach, stanowią źródło pokarmu dla innych organizmów wodnych.

Glony są doskonałymi wskaźnikami stanu środowiska wodnego. Od XIX wieku wykorzystuje się je do określania stopnia zanieczyszczenia wód śródlądowych i morskich. Na podstawie składu gatunkowego i ilościowego wszystkich grup glonów można

badać stan zaawansowania ewolucji zbiorników wodnych jak i ich kondycję ekologiczną. Glony obecnie stanowią podstawowy element parametrów biologicznych do diagnozowania środowiska wykorzystywany w ekspertyzach przyrodniczych.

POŁOŻENIE I CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

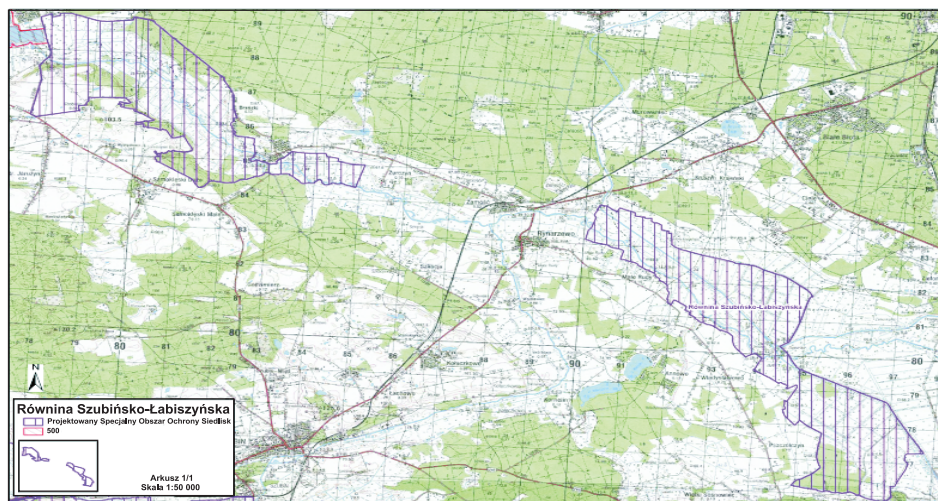
Obszar Natura 2000 Równina Szubińsko-Łabiszyńska PLH040029 stanowi część naturalnej doliny Noteci pomiędzy Rzywnem k. Łabiszyna od strony wschodniej a Występem k. Nakła nad Notecią od strony zachodniej. Składa się z dwóch części, z których pierwsza – zachodnia położona jest pomiędzy Występem a Żurczynem, druga część – wschodnia – od Zamościa k. Rynarzewa do Rzywna (rys. 1). Obszar Natura 2000 Równina Szubińsko-Łabiszyńska PLH040029 stanowi naturalny korytarz ekologiczny łączący się poprzez dalszy odcinek doliny Noteci (z Łabiszyna do Barcina) z obszarem Natura 2000 Ostoja Barcińsko-Gąsawska PLH040028. Łącznie obszary te stanowią bardzo ważne ostoje różnorodności biologicznej w rolniczej przestrzeni produkcyjnej mezoregionów Kotliny Toruńskiej i Pojezierza Gnieźnieńskiego [Kondracki 2009]. W mezoregionie Kotliny Toruńskiej obszar Natura 2000 PLH040029 Równina Szubińsko-Łabiszyńska znajduje się w centralnej części, zwanej Równiną Szubińsko-Łabiszyńską (mikroregion), od której zaczerpnięto nazwę obszaru [Kondracki 2009].

Pod względem geobotanicznym obszar Natura 2000 Równina Szubińsko-Łabiszyńska PLH040029 zawiera się w granicach Podokręgu Szubińskiego, Okręgu Chodzieskiego, Krainy Notecko-Lubuskiej, Działu Brandenbursko-Wielkopolskiego, w podprowincji Europejskiej właściwej [Matuszkiewicz 2008]. Administracyjnie obszar Natura 2000 Równina Szubińsko-Łabiszyńska PLH040029 położony jest w gminach Szubin, Łabiszyn, Nakło nad Notecią i Białe Błota (województwo kujawsko-pomorskie). Obejmuje grunty prywatne i powierzchnie leśne należące do Nadleśnictw Szubin i Bydgoszcz.

Na tym terenie dominuje krajobraz równinny ograniczony strefą zboczową doliny o niewielkich wyniesieniach do 40°. Ich wysokość względna wynosi około 30 m. W dnie doliny występują niewielkie wyniesienia mineralne – grądziaki (ostrowia) o wysokości względnej do 2 m. Dolina wcięta jest w piaskach wodnolodowcowych różnych stadiów. Na całym obszarze dominują gleby organiczne o charakterze torfów niskich i murszów.

Główną osią obszaru jest rzeka Noteć. W jego części wschodniej dnem Doliny Noteci przepływa Kanał Notecki.

Pod względem klimatycznym obszar położony jest w Regionie Chełmińsko-Toruńskim [Woś 1999]. Na tle innych regionów wyróżnia się wysoką częstością dni przymrozkowych i bardzo chłodnych, z dużym zachmurzeniem, bez opadów. Średnia suma opadów należy do najniższych w Polsce i wynosi około 500 mm.



Rys. 1. Obszar Natura 2000 Równina Szubińsko-Łabiszyńska PLH040029

Źródło: <http://geoportal.rdos-bydgoszcz.pl/>

METODY BADAŃ

Siedlisko przyrodnicze Natura 2000 sklasyfikowano zgodnie z Poradnikiem ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 [Klimaszyk 2004] i klasyfikacją przyjętą w Rozporządzeniu Ministra Środowiska „w sprawie siedlisk przyrodniczych oraz gatunków będących przedmiotem zainteresowania Wspólnoty, a także kryteriów wyboru obszarów kwalifikujących się do uznania lub wyznaczania jako obszary Natura 2000” (Dz.U. Nr 77, poz. 510 z 2010). Oceny siedliska dokonano w sierpniu 2012 roku, według metody opracowanej przez Wilk-Woźniak i in. [2012]. Próby do badań fykologicznych zebrano z reprezentatywnych dla siedliska 3150-2 starorzeczy, w Turze, przy moście, z dwóch zbiorników w czerwcu i lipcu, w dwóch starorzeczach k. Chobielina oraz w starorzeczu koło Rynarzewa w lipcu. Analizę fykologiczną przeprowadzono wg ogólnie przyjętych metod [Kawecka i Eloranta 1994]. Analizę makrofitów wykonano ogólnie przyjętą metodą Braun-Blanqueta [Pawłowski 1972]. Jednostki systematyczne wydzielono na podstawie opracowania Matuszkiewicza [2005] i Ratyńskiej [2001].

Gatunki objęte ochroną prawną wydzielono na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 5 stycznia 2012 r. (Dz.U. Nr 0, poz. 81 z 20 stycznia 2012 r.). Gatunki rzadkie regionalnie przyjęto za Rutkowskim [1997]. Nazewnictwo roślin naczyniowych przyjęto według „Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist” [Mirek i in. 2002].

ZBIOROWISKA GLONÓW WYBRANYCH STARORZECZY DOLINY NOTECI

W obszarze Natura 2000 Równina Szubińsko-Łabiszyńska PLH040029 stwierdzono 23 starorzecza Noteci o łącznej powierzchni 12,52 ha, stanowiące 0,45% powierzchni obszaru. Powierzchnia starorzeczy jest stosunkowo niewielka i ulega zmniejszeniu na skutek samoistnego zarastania lub zasypywania przez człowieka. Występują one głów-

nie w zachodniej części Równiny Szubińsko-Łabiszyńskiej, po obydwu stronach miejscowości Tur. Badania fykologiczne przeprowadzono w pięciu reprezentatywnych dla siedliska 3150-2 starorzeczach, powstałych w wyniku regulacji Noteci, odciętych od rzeki, zalewanych w czasie wezbrań. Glony w starorzeczach reprezentowane są przez następujące taksony:

Cyanoprocaryota

Aphanocapsa incerta (Lemm.) Cronberg et Komárek – gatunek planktonowy, występujący w zbiornikach żywnych, tworzący zakwity. Notowany w zbiorniku 1 k. Chobieline (dominujący),

Microcystis flos-aquae (Wittrock.) Kirch. – takson planktonowy, zakwitowy, szeroko rozprzestrzeniony, częsty w wodach lekko zeutrofizowanych i mezotroficznych, gatunek wytwarzający hepatotoksyny; zanotowany w zbiorniku 1 k. Chobieline i w Rynarzewie

Aphanothece floccosa (Zalessky) Cronberg et Komárek – gatunek planktonowy wystąpił w zbiorniku 2 Tur

Anabaena flos-aquae (Lyngb.) Bréb ex Bornet – takson kosmopolityczny, tworzący zakwity w wodach eutroficznych, wystąpił w zbiorniku 2 Tur, oraz w Rynarzewie

Trichodesmium lacustre Kléb. – gatunek planktonowy, słodkowodny, występujący także w wodach słonych. wystąpił w zbiorniku 1 Tur,

Planktothrix agardhi (Gomont) Anagnostidis et Komárek – takson planktonowy, kosmopolityczny, często tworzący zakwity, gatunek produkujący microcystyny, wystąpił w zbiorniku 2 w Turze,

Limnothrix redekei (Van Goor) Meffert – takson planktonowy, zakwitowy, notowany z zbiorniku 1 w Turze,

Phormidium autumnale (Ag.) Trevisan et Gomont – takson peryfitonowy notowany w zbiorniku 2 k. Chobieline,

Euglenophyta

Trachelomonas hispida (Pert) Stein – gatunek kosmopolityczny, charakterystyczny dla drobnych zbiorników wodnych notowany w zbiorniku 1 Tur, zbiorniku 2 k. Chobieline,

Euglena caudata Hubner – takson kosmopolityczny notowany w zbiorniku 2 Tur,

Euglena calavata Skuja (dom.) – gatunek notowany (dominacja ilościowa) w zbiorniku 2 k. Chobieline,

Euglena proxima Dang. – gatunek pospolity w drobnych zbiornikach wodnych, może tworzyć zakwity neustonowe, notowany w zbiorniku 2 k. Chobieline,

Euglena spirogyra Ehr. – takson notowany w zbiorniku 2 Tur,

Phacus caudatus Hübner – gatunek pospolity w drobnych zbiornikach wodnych, notowany w zbiorniku 2 k. Chobieline,

Phacus pleuronectes (Ehr.) Dujardin – takson notowany w zbiorniku 1 k. Chobieline,

Trachelomonas volvocina Ehr. – gatunek pospolity, notowany w zbiorniku 2 k. Chobieline,

Trachelomonas volvocina var. *derephora* Conrad – takson notowany w zbiorniku 2 k. Chobieline,

Dinophyta

Ceratium hirundinella (O.F.Müller) Bergh. – takson kosmopolityczny typowy dla wód mezotroficznych, mogący tworzyć zakwity, notowany w zbiorniku 1 k. Chobieline,

Cryptophyceae

Cryptomonas ovata Ehr. – takson planktonowy, typowy dla wód eutroficznych, może tworzyć zakwity, notowany w zbiorniku 1 k. Chobielina,

Bacillariophyceae

Fragilaria ulna (Nitzsch.) Lange Bertalot – takson planktonowo-litoralny, kosmopolityczny notowany w zbiornikach w Turze 1 i 2 oraz w zbiorniku 2 k. Chobielina,

Fragilaria ulna var. *acus* (Nitzsch.) Lange Bertalot – takson planktonowo-litoralny pospolity, notowany w zbiorniku 1 Tur,

Fragilaria capucina Desm. – takson planktonowo-litoralny pospolity, notowany w zbiorniku 1 Tur oraz w zbiorniku 2 k. Chobielina,

Fragilaria capucina var. *intrmedia* (Desm.) Lange Bertalot – takson planktonowo-litoralny pospolity, notowany w zbiorniku 1 Tur,

Cocconeis placentula Ehr. – gatunek peryfitonowy kosmopolityczny odporny na wysychanie, notowany w zbiornikach 1 i 2. w Turze,

Gomphonema parvulum (Kütz.) Kütz. – takson epifityczny, pospolity, notowany w zbiorniku 1 Tur,

Gomphonema olivaceum (Lyngb.) Kütz. – takson poroślowy, pospolity, notowany w zbiorniku 1 Tur, a także w zbiorniku 1 k. Chobielina

Gomphonema augur Ehr. – takson peryfitonowy, słodko- i słonawowodny, kosmopolityczny, notowany w zbiorniku 2 k. Chobielina,

Nitzschia sigma (Kütz.) W.Sm. – takson bentosowy, poroślowy, notowany w zbiorniku 1 k. Chobielina,

Nitzschia sp. – takson obecny w zbiorniku 2 Tur,

Epithemia sorex Kütz. – takson poroślowy, notowany w zbiorniku 2 Tur i 2 k. Chobielina,

Epithemia zebra (Ehr.) Kütz. – takson poroślowy, notowany w zbiorniku 2 k. Chobielina,

Chlorophyta

Actinastrum aciculare Playf. – takson notowany w zbiorniku 1 Tur,

Coleastrum astroideum De Not – takson notowany w zbiorniku 1 Tur,

Planktosphaeria gelatinosa G.M.Smith – takson planktonowy, pospolity notowany w zbiorniku 1 Tur (gatunek dominujący 06.12), w zbiorniku 2 Tur,

Spaerocystis planctonica (Korš.)Bourr. – takson litoralno-planktonowy, notowany w zbiorniku 1 Tur,

Monoraphidium contortum (Thur.) Kom.-Lengh. – takson litoralno-planktonowy notowany w zbiorniku 1 k. Chobielina,

Raphidiocelis extensa (Korš.) Kom. – takson notowany w zbiorniku 1 k. Chobielina,

Hyloraphidium contortum Pasch & Korš. – takson notowany w zbiorniku 1 Tur,

Closterium ehenbergii Menegh. – takson litoralno-planktonowy notowany w zbiorniku 2 k. Chobielina,

Pediastrum boryanum (Trüb.) Menegh. – takson litoralno-planktonowy, preferuje wody czyste żyzne, notowany w zbiorniku 1 i 2 Tur

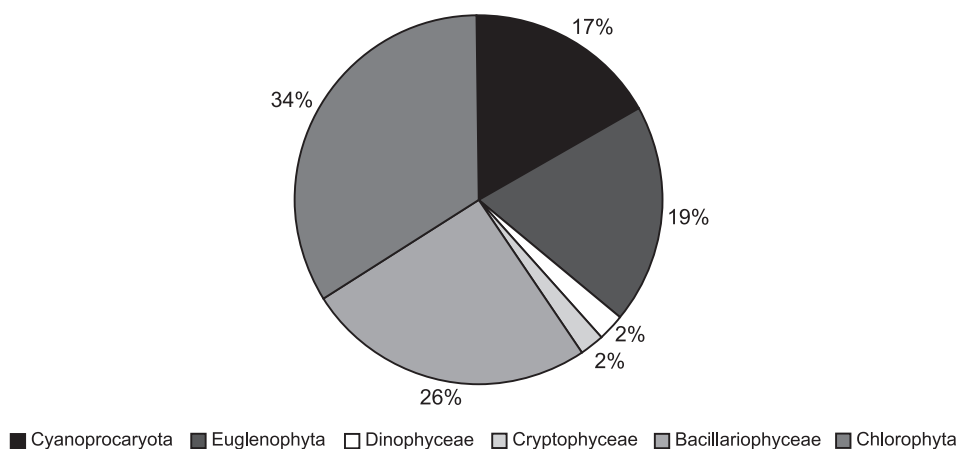
Pediastrum simplex Meyen- takson litoralno-planktonowy notowany w zbiorniku 1 Tur

Scenedesmus longispina Chod.- takson notowany w zbiorniku 1 Tur,

Scenedesmus acuminatus (Lagerh.) Chod. – takson kosmopolityczny, toleruje wysokie temperatury, notowany w zbiorniku 1 Tur i w Rynarzewie,

Scenedesmus bicaudatus Dedus. – takson notowany w zbiorniku 1 Tur,
Scenedesmus quadricauda (Trüb.) Bréb. – takson planktonowy, tolerujący zanieczyszczenia metalami ciężkimi, notowany w zbiorniku 1 i 2 Tur,
Ulothrix tenuissima Kütz. – takson tychoplanktonowy, zanotowany w zbiorniku w Rynarzewie,
Oedogonium sp. – takson notowany z w zbiorniku 1 i 2 Tur.

W wybranych starorzeczach łącznie zidentyfikowano 47 taksonów glonów, w tym najliczniej reprezentowane są zielenice – 16 taksonów, okrzemki – 12, eugleniny – 9, sinice – 8, dinofity i kryptofity po 1 (rys. 2).



Rys. 2. Udział poszczególnych grup glonów w wybranych starorzeczach Doliny Noteci

W zbiorniku 1 w Turze zanotowano 23 taksony, najliczniej reprezentowane były zielenice *Chlorophyta* – 12 taksonów z dominującym pod względem ilościowym gatunkiem planktonowym *Planctosphaeria gelatinosa* w czerwcu 2012, okrzemki *Bacillariophyceae* – 7 gatunków typowo litoralnych z dominującym w lipcu taksonem *Fragilaria ulna*, sinice *Cyanoprocarota* – 3 gatunki z dominującym *Planktothrix agardhi* taksonem wytwarzającym toksyny typu microcystyn i anatoksyn. Eugleniny *Euglenophyta* – 1 *Trachelomonas hispida* gatunkiem typowym dla drobnych zbiorników wodnych. Starorzecze w okresie letnim charakteryzuje fitoplankton zielenicowo – okrzemkowy. Brak stanów zakwitowych wód, względnie duża różnorodność taksonomiczna glonów, a także warunki środowiskowe: odczyn wody pH = 8,5, przewodnictwo elektrolityczne 890 $\mu\text{S cm}^{-1}$, przezroczystość wody – 1 m wskazują na stan właściwy wód dla tego typu siedliska.

W starorzeczu 2 w Turze zidentyfikowano 12 taksonów glonów reprezentowanych przez: 3 gatunki z sinic z dominującym ilościowo *Anabaena flos-aquae*, 4 taksony okrzemek głównie litoralnych, 4 taksony zielenic i 1 euglenin. W zbiorniku tym zaobserwowano mniejsze zróżnicowanie taksonomiczne, przy większym udziale ilościowym sinicy *Anabaena flos-aquae*, jednak nie tworzącej jeszcze zakwitu. Parametry środowiskowe: odczyn wody: pH = 9,0, stosunkowo niskie przewodnictwo elektrolityczne 435 $\mu\text{S cm}^{-1}$ oraz przezroczystość wody – 0,8 m pozwalają ocenić stan wód jako właściwy, ale potencjalnie może wystąpić zagrożenie zakwitami sinic.

W starorzeczu 1 k. Chobielina zanotowano tylko 8 taksonów glonów, przy czym ilościowo dominowała sinica *Aphanocapsa incerta*, towarzyszyły jej nieliczne gatunki zielenic i okrzemek. Niewielka liczba taksonów glonów spowodowana była zapewne pokryciem lustra wody przez *Lemna minor*, co w znacznym stopniu ogranicza dostęp światła i rozwój fitoplanktonu. Parametry środowiskowe odczyn pH = 8,9, dość wysokie przewodnictwo elektrolityczne $803 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, świadczą o zasobności pokarmowej zbiornika.

Starorzecze 2 k. Chobielina – zidentyfikowano tu 14 taksonów glonów w tym po 6 eugleniny i okrzemki, jeden takson z zielenic i sinic. Przewaga ilościowa gatunków euglenin z rodzaju *Trachelomonas* i *Euglena* świadczy o wypłyleniu zbiornika. Brak stanów zakwitowych.

Starorzecze w Rynarzewie charakteryzuje się ubogim fitoplanktonem, zidentyfikowano 10 taksonów, najliczniej jakościowo i ilościowo reprezentowane były sinice z gatunkami zakwitowymi z rodzaju *Microcystis* i *Anabaena*. Wysoka wartość przewodnictwa elektrolitycznego $1379 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, niewielka przezroczystość 0,4 m świadczy o wysokiej trofii wód zbiornika.

ROŚLINNOŚĆ WODNA STARORZECZY W OBSZARZE NATURA 2000 RÓWNINY SZUBIŃSKO-ŁABISZYŃSKIEJ PLH040029 (Tab. 1)

Najlepiej zachowane starorzecze położone jest tuż przy moście w Turze. Dobrze zachowane starorzecza zaobserwowano również w okolicach Dębinka. Pomiędzy Chobielinem a Turem zachowały się ciągi starorzeczy poprzedzielane groblami. Gorzej zachowane, mocno wypłycone starorzecza występują również pomiędzy Rynarzewem a Dębinkiem. Wszystkie starorzecza otoczone są kompleksami łąk użytkowanych kośnie i pasem szuwaru wysokiego – trzcinowego. Tylko niektóre zbiorniki w okolicy miejscowości Żurczyn sąsiadują z pastwiskami.

Roślinność wodna starorzeczy jest mało zróżnicowana. Reprezentuje zbiorowiska należące do *Lemnetea minoris* i *Potametea*. Z klasy *Lemnetea minoris* zaobserwowano zbiorowiska *Spirodeletum polyrrhizae*, *Lemnetum trisulcae*, *Lemnetum minoris*, *Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae* i *Stratiotetum aloidis*.

Z klasy *Potametea*, związku *Potamotion* zanotowano liczne płaty *Ceratophylletum demersi*, a z *Nymphaeion* zespół *Nupharo-Nymphaeetum albae*.

Spirodeletum polyrrhizae

Zbiorowisko spirodelii wielokorzeniowej *Spirodela polyrrhiza* występuje w starorzeczach w całym obszarze Natura 2000. Tworzy niewielkie, jednogatunkowe płaty o powierzchni $3\text{-}5\text{m}^2$ w kompleksie z rzęsą trójrowkową *Lemna trisulca* i rzęsą drobną *Lemna minor*. Zbiorowisko spotyka się głównie w starorzeczach, w których jednocześnie występuje grązeł żółty *Nuphar lutea*, np. w okolicach Turu i Dębinka (fot. 1).

Lemnetum trisulcae

Zbiorowisko rzęsy trójrowkowej *Lemna trisulca* występuje pospolicie we wszystkich analizowanych starorzeczach zwykle razem z rzęsą drobną *Lemna minor* i spirodelią wielokorzeniową *Spirodela polyrrhiza* oraz rogatką sztywnym *Ceratophyllum demersum*.

Lemna trisulca zawieszona w toni wodnej tworzy luźną warstwę grubości około 10 cm.

Tabela 1. Roślinność wodna starorzeczy w obszarze Natura 2000 Równina Szubińsko Łabiszyńska PLH040029. Zbiorowiska: *Spirodeletum polyrhizae* (zdj. 2), *Lemnetum trisulcae* (zdj. 16, 17, 18), *Lemnetum minoris* (zdj. 12, 13), *Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae* (zdj. 3, 10, 11), *Stratiotetum aloidis* (zdj. 4-9), *Ceratophylletum demersi* (zdj. 1, 14, 15, 22), *Nupharo-Nymphaetum albae* (19-21)

Nr zdjęcia w tabeli	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr zdjęcia w bazie danych	168	212	255	211	207	253	209	178	177
Rok	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Miesiąc	07	07	07	07	07	07	07	07	07
Dzień	22	26	27	26	26	27	26	22	22
Powierzchnia (m ²)	30	30	30	30	38	30	30	30	30
Pokrycie roślin (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Długość geograficzna (stopnie-min-s) E	17-44-17	17-41-40	17-41-37	17-41-37	17-41-33	17-44-36	17-41-29	17-44-39	17-44-31
Szerokość geograficzna (stopnie-min-s) N	53-04-56	53-06-31	53-06-30	53-06-32	53-06-34	53-04-43	53-06-32	53-04-42	53-04-46
Położenie	T	Ch	Ch	Ch	Ch	T	Ch	T	T
Liczba gatunków w zdjęciu	3	6	6	6	7	6	5	4	4
LEMNETEA MINORIS									
<i>Lemna minor</i>	+	+	4	3	2	3	3	3	2
<i>Lemna trisulca</i>	.	+	+	+	1	1	+	+	1
<i>Spirodela polyrhiza</i>	.	4	1	+	+	3	2	1	+
<i>Wolffia arrhiza</i>	5	+	2	3	2	.	.	.	.
POTAMETEA									
<i>Ceratophyllum demersum</i>	4	+	.	.	+	.	.	.	.
NYMPHAEION									
<i>Stratiotes aloides</i>	.	3	3	4	4	4	4	4	5
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	.	.	3	+	+	1	+	.	.
<i>Nuphar lutea</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.
PHRAGMITETEA									
<i>Phragmites australis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Ch – Chobielin, R – Rynarzewo, T – Tur

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Satiłość % Constancy %
195	133	254	192	256	240	167	244	165	129	172	171	252	
2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	
07	07	07	07	07	08	07	08	07	07	07	07	07	
24	14	27	24	27	27	22	27	22	13	22	22	27	
30	50	30	30	30	50	30	30	30	50	30	30	30	
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
17-42-09	17-45-34	17-44-12	17-42-12	17-50-26	17-51-51	17-44-15	17-51-59	17-44-25	17-45-03	17-44-08	17-44-13	17-44-59	
53-06-04	53-04-40	53-05-56	53-05-57	53-04-00	53-03-17	53-04-51	53-03-17	53-04-48	53-04-40	53-04-55	53-04-54	53-04-39	
Ch	T	T	Ch	R	R	T	R	T	T	T	T	T	
4	5	5	4	4	3	4	2	4	4	5	7	4	
5	3	5	4	4	2	3	2	4	+	3	3	+	1000
3	3	+	2	2	3	4	5	4	.	1	1	+	909
+	+	+	+	+	.	.	.	+	2	1	+	3	818
.	.	1	2	.	.	3	.	.	.	.	.	.	363
.	2	1	.	5	5	2	.	.	3	1	2	4	545
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	409
1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	363
.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	5	4	.	181
.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	45



Fot. 1. Starorzecze z grążelą żółtą *Nuphar lutea* w okolicy śluzu Dębinek
– fot. E. Krasicka-Korczyńska

Lemnetum minoris

Jest to najczęściej występujące zbiorowisko w starorzeczach Noteci. Zajmuje duże płaty, pokrywając lustro wody w 60-90%, szczególnie w zbiornikach mocno wypłyconych w okolicach Rynarzewa i Żurczyna. Licznie występuje również w pozostałych zbiornikach. W okolicach Chobielina i Turu tworzy razem z osoką aloesowatą *Stratiotes aloides* łany porastające niemal całe lustro wody. W okolicach Chobielina *Lemna minor* występuje razem ze stosunkowo rzadkim w tym regionie gatunkiem wolffią bezkorzeniową *Wolffia arrhiza* (fot. 2).

Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae

Zbiorowisko rzęsy drobnej i żabiścieku pływającego *Hydrocharis morsus-ranae* należy do jednych z najładniejszych zbiorowisk roślinności wodnej. Tworzy zwykle płaty w obrębie brzegów starorzeczy. W fitocenozach dominuje *Hydrocharis morsus-ranae*, a luki pomiędzy nim wypełnia *Lemna minor*. Podobnie jak poprzednie zbiorowiska występuje dość licznie, ale najwięcej płatów stwierdzono w starorzeczach k. Chobielina i nieco mniej na odcinku Tur – Żurczyn.

Stratiotetum aloidis

Osoka aloesowata *Stratiotes aloides* zakorzeniona w mulistym podłożu zarastających starorzeczy na czas kwitnienia wypływa tuż przy powierzchni wody, tworząc „łaki”, nierzadko pokrywające cały zbiornik wodny (fot. 3, 4). Szczególnie zwarte płaty tworzy w licznych starorzeczach k. Chobielina i mniej licznie występuje k. Żurczyna.



Fot. 2. Starorzecze z wolfią bezkorzeniową *Wolffia arrhiza* i rzęsą drobną *Lemna minor* w okolicy Chobielina – fot. E. Krasicka-Korczyńska



Fot. 3. Starorzecze z osoką aloesową *Stratiotes aloides* w okolicy Chobielina – fot. E. Krasicka-Korczyńska



Fot. 4. Starorzecze z osoką aloesowatą *Stratiotes aloides* i rzęsą drobną *Lemna minor* w okolicy Chobielina – fot. E. Krasicka-Korczyńska

Ceratophyllum demersi

Zespół rogatek sztywnego *Ceratophyllum demersum* tworzy zwykle jednogatunkowe fitocenozы w zbiornikach wodnych całego obszaru Natura 2000 Równina Szubińsko-Łabiszyńska PLH040029. Najczęściej jednak występuje w okolicach Chobielina i Rynarzewa.

Nuphar-Nymphaeetum albae

W zespole grążela żółtego *Nuphar lutea* i grzybieni białych *Nymphaea alba* ten drugi gatunek nie występuje. Grązel żółty tworzy płyty o zróżnicowanej powierzchni 2 do nawet 10 m². Występuje w wodach starorzeczy k. Turu i Dębinka. Preferuje zbiorniki wodne o otwartym lustrze wody i okresowo zalewane. Jest to jedyny gatunek roślin wodnych występujących w starorzeczu Noteci objęty ochroną prawną – częściąową (Dz.U. Nr 0, poz. 81 z 20 stycznia 2012 r.).

PODSUMOWANIE

Na podstawie zbiorowisk glonów jako jednego z parametrów biologicznych wybranych starorzeczy można ocenić stan siedliska 3150-2 jako właściwy. Obecność gatunków zakwitowych sinic, zmiany parametrów środowiskowych tak jak na przykład wzrost temperatury wody czy mały stosunek N/P, potencjalnie może być przyczyną zakwitów glonów [Kawecka i Eloranta 1994]. Następuje wówczas pogorszenie się stanu ekologicznego wód. Zakwity sinic z rodzaju *Microcystis*, *Anabaena*, *Panktothrix* mogą stanowić zagrożenie dla zwierząt i ludzi ze względu na toksyny, które produkują

– głównie hepatotoksyny, uszkadzające komórki wątroby, czy anatoksynę a wytwarzaną przez *Anabaena flos-aquae*, powodującą porażenie mięśni oddechowych [Bucka i Wilk-Woźniak 2007].

Wszystkie zaobserwowane zbiorowiska tworzą mozaikę płatów roślinności w toni wodnej starorzeczy, które są w stanie zaawansowanej sukcesji. Przykładem tego procesu są starorzecza w rejonie Rynarzewa o niewielkiej powierzchni z dominującymi gatunkami pleustonowymi ze wszystkich stron otoczonymi szuwarem wysokim – trzcinowym, w toni wodnej występuje głównie *Lemna minor* i *Ceratophyllum demersum*. W rejonie Chobielina w starorzeczach występują najliczniej skupienia osoki aloesowatej *Stratiotes aloides* – 70%, rzęsy drobnej *Lemna minor* – 60%, spirodeli wielokorzeniowej *Spirodela polyrrhiza* – 10%, wolffii bezkorzeniowej *Wolffia arrhiza* – 15%, żabiścieku pływającego *Hydrocharis morsus-ranae* – 10% i rzęsy trójrowkowej *Lemna trisulca* – 5%. Mniejszy jest udział rogatka sztywnego *Ceratophyllum demersum* – 1%.

Największym zagrożeniem dla starorzeczy jest ich zasypywanie w celu utworzenia przejazdów dróg śródląkowych, wrzucanie do nich resztek zgniłego siana bądź gruzu i śmieci. Działania te są szczególnie intensywne w obrębie starorzeczy k. Chobielina. Rozczłonkowane przez zasypywanie i ww. działania starorzecza maleją, wypływają się i szybciej postępuje proces ich zarastania. Istotnym potencjalnym zagrożeniem może być modyfikacja systemu funkcjonowania wód poprzez odcięcie starorzeczy od okresowych wylewów rzeki bądź też ich zasypywanie.

LITERATURA

- Bucka H., Wilk-Woźniak E., 2007. Glony pro- i eukariotyczne zbiorowisk fitoplanktonu w zbiornikach wodnych Polski Południowej. IOR PAN Zakład Biologii Wód im. K. Starmacha Kraków.
- Dembowska E., Napiórkowski P., 2012. Dlaczego warto chronić starorzecza? Kosmos. Probl. Nauk Przyr. 61(2): 341-349.
- Kawecka B., Eloranta P.V., 1994. Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Klimaszyk P., 2004. Starorzecza i naturalne eutroficzne zbiorniki wodne ze zbiorowiskami *Nymphenion*, *Potamion* [W:] Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000. Podręcznik metodyczny. Siedliska morskie i przybrzeżne, nadmorskie i śródlądowe solniska i wydmy. T. 1, red. J. Herbich, Ministerstwo Środowiska Warszawa.
- Kondracki J., 2009. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa.
- Kyselowa K., 1966. Plankton niektórych stawów dorzecza górnej Wisły. Acta Hydrobiol. 8, 247-273.
- Matuszkiewicz J.M., 2008. Regionalizacja geobotaniczna Polski. IGiPZ PAN Warszawa.
- Matuszkiewicz W., 2005. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. Krytyczna lista roślin naczyniowych Polski. [W:] Biodiversity of Poland. Różnorodność biologiczna Polski, red. Z. Mirek, Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences Kraków.
- Paczuska B., Sadowska M., 2006. Glony wybranych starorzeczy Doliny Fordońskiej na tle warunków środowiskowych. Flora Pomorza i Kujaw 2. Polskie Towarzystwo Botaniczne, Oddział Bydgoszcz.
- Pawłowski B., 1972. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. [W:] Szata roślinna Polski. T. 2, red. W. Szafer, K. Zarzycki, Wyd. Nauk. PWN Warszawa.

- Ratyńska H. 2001., Roślinność Poznańskiego Przełomu Warty i jej antropogeniczne przemiany. Wyd. Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego Bydgoszcz.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 13 kwietnia 2010 r. w sprawie siedlisk przyrodniczych oraz gatunków będących przedmiotem zainteresowania Wspólnoty, a także kryteriów wyboru obszarów kwalifikujących się do uznania lub wyznaczania jako obszary Natura 2000. Dz.U. Nr 77, poz. 510, 2010.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 stycznia 2012 r. w sprawie gatunków dziko występujących roślin objętych ochroną (Dz.U. Nr 0, poz. 81 z 20 stycznia 2012 r.).
- Rutkowski L., 1997. II Rośliny naczyniowe – *Tracheophyta*. [W:] Czerwona lista roślin i zwierząt ginących i zagrożonych w regionie kujawsko-pomorskim. Acta Univ. Nicol. Copernici. Biologia 53(98): 5-19.
- Wilk-Woźniak E., Gąbka M., Pęczyła W., Burchardt L., Cerbin S., Glińska-Lewczuk K., Gołdyn R., Grabowska M., Kasprowicz M., Klimaszczyk P., Kołodziejczyk A., Kokociński M., Kraska M., Kuczyńska-Kippen N., Ligęza S., Messyas B., Nagengast B., Ozimek T., Paczuska B., Pelechaty M., Pietryka M., Piotrowicz R., Pociecha A., Pukacz A., Richter D., Walusiak E., Żbikowski J., 2012. Starorzecza i naturalne eutroficzne zbiorniki wodne ze zbiorowiskami z *Nymphaeion*, *Potamion*. [W:] Opracowanie tekstów przewodników metodycznych dla gatunków i siedlisk przyrodniczych, typy siedlisk przyrodniczych, red. G. Cierlik, M. Makomska-Juchiewicz, W. Mróz, J. Perzanowska, W. Król, P. Baran, A. Zięcik, IOP PAN Kraków.
- Wojciechowska W., 2006. Jeziora rzeczne doliny środkowego Bugu. Różnorodność biologiczna i krajobrazowa. Wydawnictwo KUL Lublin.
- Woś A., 1999. Klimat Polski. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.

MOŻLIWOŚĆ ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA POPIOŁU ZE SŁOMY PSZENICY OZIMEJ W NAWOŻENIU JĘCZMIENIA JAREGO¹

Mariusz Piekarczyk, Karol Kotwica, Dariusz Jaskulski, Lech Gałęzewski

Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Jednym z najważniejszych wyzwań współczesnego rolnictwa jest utrzymanie żyzności i urodzajności agroekosystemów i powstrzymanie narastającego procesu degradacji gleb, polegającego na systematycznym obniżaniu ich zasobności w próchnicę i składniki pokarmowe, a także w postępującym zakwaszeniu [Deen i Kutaki 2003, Moreno i in. 2006, Sommer i in. 2011, Tobiašová 2011]. Koegzystencja żywnościowego i energetycznego kierunku wykorzystania surowców roślinnych, uproszczenia organizacji produkcji rolniczej oraz intensyfikacja i specjalizacja technologii uprawy roślin powodują, że emisja dwutlenku węgla przeważa nad jego sekwestracją w glebie [Rutkowska i in. 2004, Bieńkowski i Jankowiak 2006, Koch i Stockfisch 2006, Harasimowicz-Hermann i Hermann 2007, Hermle i in. 2008, Mazzoncini i in. 2011, James i in. 2012]. Wzmógł się także odpływ składników pokarmowych z pól uprawnych. W ostatnich latach deficyt w bilansie materii organicznej pogłębiany jest ponadto przez wykorzystanie biomasy roślin lub ich plonów ubocznych na cele energetyczne [Budzyński i Bielski 2004, Biernat 2007, Wrzosek i Gworek 2010]. Podczas spalania słomy następuje utlenienie węgla i utrata materii organicznej, co uniemożliwia sekwestrację węgla w glebie. Słoma i resztki poźniwne są natomiast, zwłaszcza w gospodarstwach bezinwentarzowych, podstawowym źródłem materii organicznej wnoszonej do gleby [Kotecki i in. 2003, Kraska i Pałys 2003]. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania biomasą – w tym słomą – jako źródłem energii, stąd istnieje potrzeba dokładnego, wieloaspektowego poznania przyrodniczych i gospodarczych uwarunkowań różnych sposobów zagospodarowania resztek pozbiorowych roślin uprawnych. Jednocześnie powstający podczas spalania popiół ma potencjalne walory nawozowe, jednak w miejscu spalania może być uciążliwym odpadem.

Popiół z biomasy roślinnej charakteryzuje się odczynem alkalicznym (pH 10-13) oraz znaczną zawartością potasu oraz innych niezbędnych dla roślin makro- i mikroelementów [Kowalczyk-Juško 2009, Meller i in. 2009, Ciesielczuk i in. 2011, Waclawowicz 2011] i dlatego może być cennym nawozem w produkcji roślinnej, uzupełniającym niedobory pierwiastków biogennych oraz działającym odkwaszająco [Blander i Pelton 1997, Antonkiewicz 2005, Kalembasa 2006, Stankowski i Bielińska 2009, Waclawowicz 2011, Meller i Bilenda 2012]. Umiejętne stosowanie odpadów paleniskowych z biomasy roślinnej w nawożeniu roślin uprawnych nie jest szkodliwe dla środowiska, ponieważ odpad ten ma bardzo niską naturalną zawartość metali ciężkich [Sander i Andren 1997, Pels i in. 2005, Yeleddhalli i in. 2008, Bielińska i in. 2009, Meller i in. 2009, Ciesielczuk i in. 2011, Piekarczyk i in. 2011a].

¹ Praca naukowa finansowana przez MNiSW ze środków na naukę w latach 2009–2012 jako projekt badawczy N N310 083536

Hipoteza badawcza zakłada, że produkcja biomasy przez rośliny jęczmienia jarego determinowana jest przez czynnik genetyczny. Zależy ona od odmiany oraz kształtowania jest przez czynniki siedliskowe i agrotechniczne. Ponadto zakłada się, że popiół zawierający relatywnie duże ilości potasu wraz z dawką azotu i fosforu kształtować będą produkcję biomasy zarówno części podziemnych, jak i nadziemnych jęczmienia. W pracy założono również, że obecne w popiele ze słomy pszenicy składniki pokarmowe, oprócz wykorzystania przez rośliny, mogą korzystnie wpłynąć na odczyn i zasobność gleby lub przynajmniej je zachować.

Celem badań było określenie wpływu doboru odmian i nawożenia uwzględniającego stosowanie popiołu na produkcję biomasy jęczmienia jarego, a zwłaszcza jego części podziemnej – stanowiącej główne źródło glebowej masy organicznej w warunkach energetycznego wykorzystania słomy. Celem prac badawczych było także określenie zmian pH oraz zawartości przyswajalnych dla roślin form makro- i mikropierwiastków w glebie płowej typowej – wytworzonej z piasków gliniastych o składzie piasku gliniastego – pod wpływem zróżnicowanych dawek popiołu ze słomy pszenicy ozimej, stosowanego każdorazowo w zmianowaniu: rzepak ozimy – pszenica ozima – jęczmień jary.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2010-2012 w Stacji Badawczej w Mochelku (53°13' N, 17°51' E), należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy wykonano trójczynnikowe doświadczenie mikropoletkowe w układzie split-plot split-blok w czterech powtórzeniach, o powierzchni mikropoletki 5,25 m², do zbioru 2 m². Badano współzależne oddziaływanie zróżnicowanego nawożenia azotowo-fosforowego i oddziaływanie popiołu ze słomy pszenicy ozimej na produkcję biomasy dwóch odmian jęczmienia jarego różniących się potencjalną produktywnością.

Czynnikami doświadczenia były:

- I czynnik, odmiany o potencjalnie zróżnicowanej produkcji biomasy:
 - o potencjalnie mniejszej produktywności biomasy ('Frontier'),
 - o potencjalnie większej produktywności biomasy ('Rubinek').
- II czynnik, nawożenie azotowo-fosforowe:
 - 50% azotu + 50% fosforu (60 kg N + 10,9 kg P·ha⁻¹),
 - 50% azotu + 100% fosforu (60 kg N + 21,8 kg P·ha⁻¹),
 - 100% azotu + 50% fosforu (120 kg N + 10,9 kg P·ha⁻¹),
 - 100% azotu + 100% fosforu (120 kg N + 21,8 kg P·ha⁻¹).
- III czynnik, stosowanie popiołu ze słomy:
 - kontrola - bez popiołu,
 - popiół ze słomy pszenicy w dawce 0,25 t·ha⁻¹,
 - popiół ze słomy pszenicy w dawce 0,5 t·ha⁻¹,
 - popiół ze słomy pszenicy w dawce 0,75 t·ha⁻¹,
 - popiół ze słomy pszenicy w dawce 1,0 t·ha⁻¹.

Nawożenie jęczmienia jarego fosforem, popiołem i niższą dawką azotu stosowano w całości przedsięwzię, wyższą dawkę azotu aplikowano w dwóch terminach (80 + 40 kg N·ha⁻¹) – przedsięwzię i pogłównie w fazie początku strzelania w źdźbło (BBCH 31-32). Jęczmień jary uprawiany był w latach 2010-2012 w płodozmianie: rzepak ozimy – pszenica ozima – jęczmień jary. Uprawiano go zgodnie ze stosowanymi zasadami przy średnio intensywnej agrotechnice. W doświadczeniu przeprowadzona została ocena

wschodów roślin, wysokości roślin, produkcji biomasy nadziemnej w fazie pełnej dojrzałości roślin, w tym ziarna. W wyciętych monolitach glebowych 33x33x30 cm określona została masa nadziemnych i podziemnych resztek pozbiorowych.

Użyty w doświadczeniu popiół miał odczyn alkaliczny pH w 1 mol KCl o wartości 9,8. Ogólna zawartość pierwiastków w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ wynosiła: P – 5,8, K – 75,0, Mg – 5,3, Ca – 64,9, i w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$: Cu – 25,6, Mn – 607, Zn – 64,9, Fe – 3158. W tabeli 1 podano ilości składników pokarmowych wnoszonych w doświadczeniu do gleby z popiołem ze słomy pszenicy ozimej. Gleba płowa typowa wytworzona z piasków gliniastych charakteryzowała się następującym składem granulometrycznym: piasek (2,0-0,05 mm) – 75,5%, pył gruby (0,05-0,02 mm) – 9,4%, pył drobny (0,02-0,002 mm) – 12,9%, ił (<0,002 mm) – 2,3%. Zawartość węgla organicznego wynosiła $8,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, azotu ogólnego $0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, stosunek C/N – 11,6.

Tabela 1. Ilości składników pokarmowych wnoszonych do gleby z popiołem ze słomy pszenicy ozimej

Wyszczególnienie	Jednostka	Dawka popiołu [$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$]			
		0,25	0,5	0,75	1,0
Fosfor – P	kg	1,45	2,9	4,35	5,8
Potas – K		18,8	37,5	56,3	75,0
Wapń – Ca		16,2	32,5	48,7	64,9
Magnez – Mg		1,33	2,65	3,97	5,3
Miedź – Cu	g	6,4	12,8	19,2	25,6
Mangan – Mn		152	303	455	607
Cynk – Zn		16,2	32,5	48,7	64,9
Żelazo – Fe		789	1579	2368	3158

Próbki gleby pobrano w 2012 roku po zbiorze jęczmienia jarego, kończącego trzyletnią rotację zmianowania. Oceniano pH gleby oraz zawartość w niej przyswajalnych dla roślin pierwiastków: fosforu, potasu, magnezu, boru, miedzi, manganu, cynku i żelaza. Badania gleby przeprowadzono w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Bydgoszczy standardowo stosowanymi metodami. Wartość pH oznaczono w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ metodą potencjometryczną, a zawartość w glebie przyswajalnych dla roślin form makroelementów: fosforu spektrofotometrycznie, potasu metodą fotometrii płomieniowej, magnezu spektrometrem absorpcji atomowej. Zawartość przyswajalnych form mikroelementów określano metodą spektrometrii absorpcji atomowej. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, stosując analizę wariancji stosownie do przyjętego schematu doświadczenia. Istotność różnic pomiędzy średnimi obiektowymi wielkościami analizowanych cech szacowano testem Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$. Obliczenia wykonano wykorzystując pakiet programów statystycznych FR – ANALWAR 5.2. Określono również współczynniki korelacji prostej pomiędzy dawką popiołu ze słomy pszenicy a pH gleby i zawartością poszczególnych pierwiastków w glebie, korzystając z arkusza kalkulacyjnego Microsoft Office Excel 2007.

Średnie roczne temperatury powietrza w okresie badań były zbliżone do wartości średniej temperatury charakteryzującej wielolecie 1949-2010. Do zdecydowanie cieplejszych w porównaniu z warunkami przeciętnymi należy zaliczyć jedynie okresy od kwietnia do czerwca 2011 roku oraz od marca do maja 2012 roku. Lata realizacji ekspe-

rymentu były zróżnicowane pod względem warunków pluwialnych. W okresie wegetacji jęczmienia jarego w 2011 i 2012 roku rozkład opadów nie był korzystny, duże niedobory opadów, w porównaniu z warunkami przeciętnymi, wystąpiły w okresie od marca do maja. Z kolei duże sumy opadów, przekraczające wielkość średnich z wielolecia 1949-2010 stwierdzono w lipcu i sierpniu 2010 roku oraz w czerwcu i lipcu 2011 i 2012 roku (tab. 2).

Tabela 2. Warunki meteorologiczne w latach 2010-2012

Rok	Miesiąc					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Temperatura [°C]					
2010	2,4	7,8	11,5	16,7	21,6	18,4
2011	2,2	10,5	13,5	17,7	17,5	17,7
2012	4,6	8,4	14,5	15,2	18,8	17,6
1949 - - 2010	1,9	7,4	12,7	16,2	18,0	17,5
	Opady [mm]					
2010	28,6	33,8	92,6	18,1	107,4	150,7
2011	11,7	13,5	38,4	100,8	132,5	67,7
2012	15,4	26,5	25,4	133,8	115,6	51,8
1949 - - 2010	24,7	27,7	43,2	52,9	72,2	53,0

WYNIKI BADAŃ

W przeprowadzonym eksperymencie nie stwierdzono współdziałania odmian jęczmienia jarego z wielkością nawożenia azotowo-fosforowego i dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej, dlatego w omówieniu wyników skoncentrowano się na analizie działania czynników głównych.

Jęczmień jary wysiany w eksperymencie mikropoletkowym uzyskał średnią obsadę roślin w ilości 300 szt. \cdot m⁻². W badaniach nie stwierdzono istotnego zróżnicowania liczby roślin jęczmienia jarego na 1 m² w zależności od odmiany, nawożenia azotowo-fosforowego oraz dawki wprowadzonego do gleby popiołu ze słomy pszenicy, nie udowodniono również interakcji poszczególnych czynników doświadczenia na tę cechę (tab. 3, 4 i 5).

Rośliny jęczmienia jarego odmiany Rubinek były średnio wyższe o 9,4 cm (19,5%) w porównaniu z 'Frontier' (tab. 3). Odmiana jęczmienia jarego Frontier w zestawieniu z odmianą Rubinek charakteryzowała się większym o 48 g \cdot m⁻² (10,2%) plonem ziarna i mniejszym o 36 g \cdot m⁻² (9,2%) plonem słomy. Powietrznie sucha masa korzeni jęczmienia jarego 'Frontier' była istotnie większa o 25 g \cdot m⁻² (16,8%) w porównaniu z 'Rubinek'. Masa ścierni i ściółki pozostawionej po zbiorze jęczmienia jarego nie była istotnie zróżnicowana przez czynniki badań (tab. 3, 4 i 5). Największy udział w ogólnej biomacie jęczmienia jarego odmiany Frontier miało ziarno. Kształtował się on na poziomie 41,1%, natomiast udział słomy, korzeni i ścierni u tej odmiany wyniósł

odpowiednio 28,1%, 13,8% i 17,0%. Odmiana jęczmienia jarego Rubinek charakteryzowała się również najwyższym udziałem ziarna (39,0%) w całości produkowanej biomasy, z kolei zawartość słomy, korzeni i ścierni u tej odmiany kształtowała się odpowiednio na poziomie 32,4%, 12,4% i 16,2% (tab. 3).

Tabela 3. Niektóre cechy jęczmienia jarego w zależności od odmiany (2010-2012)

Wyszczególnienie	Odmiana		Średnia	NIR _(0,05)
	Frontier	Rubinek		
Obsada roślin [szt·m ⁻²]	299	301	300	ni
Wysokość roślin [cm]	48,1	57,5	52,8	0,63
Plon ziarna [g·m ⁻²]	517	469	493	10,5
Plon słomy [g·m ⁻²]	354	390	372	11,2
Powietrznie sucha masa korzeni [g·m ⁻²]	174	149	161	6,5
Powietrznie sucha masa ścierni i ściółki [g·m ⁻²]	214	195	204	ni

ni – różnice nieistotne

Większą wysokość obu odmian stwierdzono wskutek zastosowania podwojonej dawki azotu, wielkość dawki fosforu nie wykazywała wpływu na tę cechę. Uzyskiwaniu większego plonu ziarna i słomy jęczmienia istotnie sprzyjało podwojenie dawki nawożenia azotowego. Zwiększenie dawki nawożenia azotowo-fosforowego skutkowało w doświadczeniu redukcją biomasy systemu korzeniowego obu odmian jęczmienia jarego (tab. 4).

Tabela 4. Niektóre cechy jęczmienia jarego w zależności od nawożenia fosforem i azotem (2010-2012)

Wyszczególnienie	Nawożenie azotowe i fosforowe [kg N·ha ⁻¹ + kg P·ha ⁻¹]				Średnia	NIR _(0,05)
	60 + 10,9	60 + 21,8	120 + 10,9	120 + 21,8		
Obsada roślin [szt·m ⁻²]	302	299	301	300	300	ni
Wysokość roślin [cm]	51,0	51,7	54,2	54,3	52,8	1,18
Plon ziarna [g·m ⁻²]	463	471	518	520	493	19,5
Plon słomy [g·m ⁻²]	336	349	394	408	372	25,9
Powietrznie sucha masa korzeni [g·m ⁻²]	179	176	143	147	161	12,2
Powietrznie sucha masa ścierni i ściółki [g·m ⁻²]	191	195	215	217	204	ni

ni – różnice nieistotne

Aplikacja popiołu ze słomy w dawce 1,0 t·ha⁻¹ w porównaniu z obiektem bez popiołu spowodowała u jęczmienia jarego udowodniony statystycznie wzrost o 20 g·m⁻² (4,1%) plonu ziarna, potwierdzony został również przyrost masy słomy o 16 g·m⁻² (4,3%). Nawożenie popiołem ze słomy okazało się nieistotne dla wysokości roślin jęczmienia jarego oraz wielkości uzyskiwanej biomasy korzeni i nadziemnych resztek pozbiorowych (tab. 5). W doświadczeniu nie stwierdzono współdziałania odmiany,

nawożenia azotowo-fosforowego i nawożenia popiołem ze słomy na wielkość wytwarzanej biomasy roślin jęczmienia jarego.

Uzyskane w badaniach wyniki potwierdzają wyraźnie korzystny wpływ poziomu nawożenia azotem na wielkość plonu ziarna i słomy jęczmienia [Kraska i Pałys 2004] i jednocześnie negatywne oddziaływanie tego nawożenia na masę systemu korzeniowego zbóż [Buraczyńska i Ceglarek 2011]. Odmiany zbóż o krótszej słomie zazwyczaj odznaczają się wytwarzaniem większego plonu ziarna niż odmiany wyższe [Lista opisowa odmian...]. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono niewielki dodatni wpływ nawożenia popiołem ze słomy pszenicy ozimej na wielkość wytwarzanej biomasy jęczmienia jarego. Ujawnieniu się wyraźniejszego plonotwórczego oddziaływania wnoszenia odpadów paleniskowych z biomasy roślinnej przeciwdziałała w doświadczeniu własnym stosunkowo korzystna zasobność gleby w przyswajalny fosfor (bardzo wysoka) i potas (średnia), a także jej lekko kwaśny odczyn. Istotny pozostał również fakt relatywnie niewysokiej ogólnej zawartości makro- i mikroelementów w popiele dawkowanym do gleby.

Tabela 5. Niektóre cechy jęczmienia jarego w zależności od nawożenia popiołem ze słomy pszenicy (2010-2012)

Wyszczególnienie	Dawka popiołu [$t \cdot ha^{-1}$]					Średnia	NIR _(0,05)
	kontrola	0,25	0,5	0,75	1,0		
Obsada roślin [$szt \cdot m^{-2}$]	299	300	302	300	301	300	ni
Wysokość roślin [cm]	52,5	52,5	53,2	52,8	53,0	52,8	ni
Plon ziarna [$g \cdot m^{-2}$]	483	485	497	498	503	493	17,6
Plon słomy [$g \cdot m^{-2}$]	369	364	367	374	385	372	14,7
Powietrznie sucha masa korzeni [$g \cdot m^{-2}$]	159	158	161	165	163	161	ni
Powietrznie sucha masa ścierni i ściółki [$g \cdot m^{-2}$]	198	197	206	208	213	204	ni

ni – różnice nieistotne

Gleba po zbiorze jęczmienia jarego charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym o pH od 5,86 do 6,0, wskazującym na ograniczoną potrzebę wapnowania. Zastosowanie popiołu ze słomy pszenicy ozimej w dawce do $1,0 t \cdot ha^{-1}$ nie wpłynęło istotnie na wartość pH gleby lekkiej. Zaobserwowano jedynie tendencję odkwaszającego działania popiołu wraz ze zwiększaniem jego dawki. Wielkość wskaźnika pH była istotnie dodatnio skorelowana z dawką popiołu ze słomy pszenicy (tab. 6).

Zawartość przyswajalnej dla roślin formy fosforu w glebie na obiekcie kontrolnym średnio w okresie badań była bardzo wysoka ($103 mg P \cdot kg^{-1}$). Zastosowanie popiołu ze słomy pszenicy pod rzepak ozimy, pszenicę ozimą i jęczmień w dawce $1,0 t \cdot ha^{-1}$ zwiększyło zawartość tego pierwiastka w porównaniu z obiektem kontrolnym odpowiednio o $6,0 mg P \cdot kg^{-1}$ to jest o 5,8%. Różnica ta nie została udowodniona statystycznie. Stwierdzono natomiast istotność korelacji pomiędzy wielkością dawki popiołu a zawartością w glebie przyswajalnych form fosforu (tab. 6).

Gleba na mikropoletkach obiektu kontrolnego miała średnią zawartość przyswajalnego potasu ($113 mg K \cdot kg^{-1}$). Wniesienie popiołu ze słomy pszenicy, mimo braku dodatkowego nawożenia mineralnego potasem, spowodowało niewielki – nieistotny

statystycznie wzrost koncentracji tego makroelementu (tab. 6). Po zastosowaniu popiołu w ilości $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ zawartość przyswajalnego potasu zwiększyła się o 7,08%. Jednocześnie stwierdzono istotność korelacji zawartości przyswajalnego potasu z wielkością dawki popiołu ze słomy pszenicy ozimej.

Popiół ze słomy pszenicy po każdorazowym zastosowaniu pod rzepak, pszenicę i jęczmień nie zwiększył istotnie zawartości przyswajalnego magnezu w glebie o bardzo niskiej jego zawartości – $18,4 \text{ mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Jednak po trzyletnim cyklu zmianowania zasobność gleby w ten makroelement nie zmniejszyła się, a w efekcie aplikacji popiołu w ilości odpowiadającej dawce $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ zawartość ta nawet wzrosła nieistotnie o $2,4 \text{ mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 6). Zawartość przyswajalnych form magnezu nie była istotnie skorelowana z dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej.

Tabela 6. Zawartość przyswajalnych form P, K i Mg oraz pH gleby nawożonej popiołem ze słomy pszenicy ozimej oraz współczynniki korelacji prostej dla $p < 0,05$ pomiędzy dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej a pH gleby i zawartością przyswajalnych form P, K i Mg w glebie (2012)

Wyszczególnienie	Dawka popiołu [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]					Średnia	NIR _(0,05)	Współczynnik korelacji _(0,05)
	kontrola	0,25	0,5	0,75	1,0			
pH w 1 mol KCl	5,86	5,90	5,90	5,96	6,00	5,92	ni	0,966
Fosfor P [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]	103	106	107	108	109	107	ni	0,948
Potas K [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]	113	112	116	115	121	115	ni	0,888
Magnez Mg [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]	18,5	17,8	17,6	17,4	20,9	18,4	ni	ni

ni – różnice nieistotne

Zasobność gleby w doświadczeniu w przyswajalny bor była niska ($0,42 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1}$). Nie stwierdzono istotnych zmian zawartości tego pierwiastka w zależności od dawki zastosowanego popiołu ze słomy pszenicy ozimej. Współczynnik korelacji pomiędzy tymi zmiennymi pozostał również nieistotny (tab. 7). Zawartość przyswajalnych dla roślin form miedzi w glebie była niska – $1,55 \text{ mg Cu} \cdot \text{kg}^{-1}$, średnia w mangan – $147 \text{ mg Mn} \cdot \text{kg}^{-1}$, średnia w cynk – $5,3 \text{ mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz niska w żelazo – $624 \text{ mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$. Po zastosowaniu popiołu ze słomy pszenicy w dawkach od 0 do $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ przez 3 lata kolejno pod rzepak ozimy, pszenicę ozimą i jęczmień jary nie stwierdzono wyraźnych zmian zasobności gleby lekkiej w przyswajalne formy miedzi, manganu, cynku i żelaza. Korelacja pomiędzy wielkością dawki popiołu a zawartością w glebie przyswajalnych form miedzi, cynku i żelaza była istotnie dodatnia, natomiast w przypadku boru i manganu była jednak nieistotnie dodatnia, co może wskazywać na korzystne oddziaływanie popiołu na zasobność gleby w mikroelementy.

Tabela 7. Zawartość przyswajalnych form mikroelementów w glebie nawożonej popiołem ze słomy pszenicy ozimej oraz współczynniki korelacji prostej dla $p < 0,05$ pomiędzy dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej a zawartością przyswajalnych form mikroelementów w glebie (2012)

Wyszczególnienie	Dawka popiołu [$t \cdot ha^{-1}$]					Średnia	NIR _(0,05)	Współczynnik korelacji _(0,05)
	kontrola	0,25	0,5	0,75	1,0			
Bor B [$mg \cdot kg^{-1}$]	0,38	0,33	0,44	0,46	0,47	0,42	ni	ni
Miedź Cu [$mg \cdot kg^{-1}$]	1,39	1,41	1,48	1,62	1,85	1,55	ni	0,939
Mangan Mn [$mg \cdot kg^{-1}$]	144	146	143	148	154	147	ni	ni
Cynk Zn [$mg \cdot kg^{-1}$]	5,26	5,32	5,05	5,49	5,37	5,30	ni	0,939
Żelazo Fe [$mg \cdot kg^{-1}$]	612	621	622	624	639	624	ni	0,939

ni – różnice nieistotne

Produkt odpadowy powstający ze spalania słomy pszenicy ma bardzo korzystny skład mineralny i powinien być zagospodarowany w rolnictwie do nawożenia roślin i odkwaszania gleb [Ohno i Erich 1990, Yeledhalli i in. 2008, Ciesielczuk i in. 2011, Piekarczyk i in. 2011a, Waławowicz 2011]. Popiół ze słomy może być dobrym nawozem potasowym, pokrywającym zapotrzebowanie roślin w potas [Niedziółka i Zuchniarz 2006, Meller i Bilenda 2012], a tylko azot i fosfor potrzeba suplementować. Używanie tego odpadu w nawożeniu to również wymierna korzyść finansowa dla rolnika, w efekcie jego aplikacji nie następuje pogorszenie odczynu gleby (pH), co ma miejsce w przypadku stosowania niektórych nawozów mineralnych fizjologicznie kwaśnych.

W przeprowadzonym doświadczeniu nie zaobserwowano wyraźnych zmian odczynu gleby w konsekwencji stosowania w okresie trzech lat popiołu ze słomy pszenicy ozimej. Słaby, ale widoczny efekt odkwaszający użytego w badaniach własnych odpadu wynika prawdopodobnie z faktu wnoszenia do gleby stosunkowo niskich jego dawek, a także z wielkości jego wskaźnika pH – 9,8. Odpady paleniskowe z biomasy roślinnej mogą bowiem charakteryzować się pH o wartości 12-13 [Herman i Harasimowicz-Herman 2005, Niedźwiecki i in. 2007, Waławowicz 2011]. Odkwaszające działanie na glebę popiołów z różnych surowców jest dobrze udokumentowane w literaturze [Sander i Andren 1997, Pels i in. 2005, Gibczyńska i in. 2007, Bielińska i in. 2009, Ciećko i in. 2009]. Zastosowanie melioracyjnych dawek popiołu wielkości 10-20 $t \cdot ha^{-1}$ i powyżej podnosi znacząco odczyn gleby [Park i in. 2005, Antonkiewicz 2009, Właśniewski 2009, Piekarczyk i in. 2011b]. Jednak w przypadku tym pojawia się problem wnoszenia do gleby zbyt dużej ilości niektórych składników mineralnych.

W eksperymencie własnym nawożenie popiołem ze słomy pszenicy ozimej w ilości nieprzekraczającej 1,0 $t \cdot ha^{-1}$ nie skutkowało istotnością zmian zasobności gleby w przyswajalne dla roślin makro- i mikroelementy, co spowodowane było zapewne stosowaniem stosunkowo niskich jego dawek jak również relatywnie niewielką ogólną zawartością składników pokarmowych w popiele. W 1,0 t użytego w doświadczeniu popiołu znajdowało się 5,8 kg P, 75,0 kg K i 5,3 kg Mg, natomiast inne źródła podają, że w 1,0 t popiołu z biomasy roślinnej może znajdować się nawet 48,5 kg P, 332 kg K, 47,3 kg Mg [Kalembasa 2006, Bakisgan i in. 2009, Kowalczyk-Juśko 2009]. Kierunek zmian koncentracji pierwiastków biogenych w glebie wskutek wprowadzenia do niej

odpadów paleniskowych zależy więc od ilości wprowadzanego do gleby popiołu, rodzaju rośliny uprawnej, ponadto od źródła jego pochodzenia i składu elementarnego, podlegającego wyraźnym wahaniom [Olanders i Steenari 1995, Blander i Pelton 1997, Sander i Andren 1997, Bakisgan i in. 2009, Waclawowicz 2011].

W przedstawionych badaniach nie zauważono wzrostu zasobności gleby lekkiej płowej typowej wytworzonej z piasków gliniastych w dostępne dla roślin formy fosforu, potasu, magnezu, boru, miedzi, manganu, cynku i żelaza, co jest również konsekwencją pobrania składników mineralnych przez rosnące rośliny rzepaku ozimego, pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. W innej pracy [Piekarczyk i in. 2011b] zauważono, że gdy popiół ze słomy o bogatszym składzie elementarnym wprowadzany jest do gleby pozbawionej roślinności, obserwuje się większe różnicowanie zasobności gleby po zastosowaniu dawek rzędu 1,0-2,0 t·ha⁻¹. Niezależnie jednak od nie zawsze obserwowanych znaczących rezultatów stosowania popiołów, ich aplikacja ma korzystny wpływ na bilans składników pokarmowych w produkcji roślinnej. Ponadto pierwiastki te, a zwłaszcza potas są wnoszone do gleby beznakładowo. Popiół ze słomy pszenicy ozimej można uznać za dobry nawóz potasowy [Ohno i Erich 1990, Park i in. 2005, Borkowska i Lipiński 2007, James i in. 2012].

PODSUMOWANIE

Właściwości popiołu ze słomy, mimo zmienności w zależności od warunków jego pozyskania, potwierdzają możliwość rolniczego wykorzystania tego odpadu do nawożenia i użyźniania gleb. Popiół ze słomy pszenicy ozimej można uznać więc za dobry tani nawóz potasowy o odczynie zasadowym. W badaniach wykazano, że odmiana długosłoma (wyższa) jęczmienia jarego Rubinek gromadzi więcej biomasy słomy, będącej głównym źródłem materii organicznej gleby, ale daje mniejszy plon ziarna i wytwarza mniejszą masę systemu korzeniowego niż 'Frontier'. Podniesieniu produktywności biomasy ziarna i słomy jęczmienia jarego sprzyja zwiększone nawożenie azotowo-fosforowe, w mniejszym stopniu stosowanie popiołu ze słomy pszenicy. Podwojenie poziomu nawożenia azotem prowadzi do redukcji masy korzeni jęczmienia. Nie stwierdzono natomiast wpływu odmiany, nawożenia azotem i fosforem oraz aplikacji popiołu ze słomy pszenicy na masę nadziemnych resztek pozbiorowych. Popiół ze słomy pszenicy ozimej zastosowany w dawkach od 0 do 1,0 t·ha⁻¹ każdorazowo w zmianowaniu rzepak ozimy – pszenica ozima – jęczmień jary, uzupełniony jedynie nawożeniem azotowym i fosforowym, pozwolił w okresie trzech lat zachować bez istotnych zmian odczyn gleby i zawartość w niej przyswajalnych dla roślin form fosforu, potasu, magnezu, boru, miedzi, manganu, cynku i żelaza. Wraz ze wzrastającą dawką popiołu ze słomy pszenicy ozimej zarysowała się tendencja zwiększania się pH i zasobności gleby w przyswajalne makro- i mikroelementy.

LITERATURA

- Antonkiewicz J., 2005. Wpływ osadów ściekowych i popiołów paleniskowych oraz ich mieszanin na plonowanie i zawartość azotu w mieszanke traw roślin motylkowych. *Fragm. Agron.* 1(85), 336-345.
- Antonkiewicz J., 2009. Wykorzystanie popiołów paleniskowych do wiązania metali ciężkich występujących w glebie. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 41, 398-405.

- Bakışgan C., Dumanlı A. G., Yürüm Y., 2009. Trace elements in Turkish biomass fuels: Ashes of wheat straw, olive bagasse and hazelnut shell. *Fuel* 88, 1842-1851.
- Bielińska E. J., Baran S., Stankowski S., 2009. Ocena przydatności popiołów fluidalnych z węgla kamiennego do celów rolniczych. *Inż. Rol.* 6(115), 7-15.
- Bieńkowski J., Jankowiak J., 2006. Zawartość węgla organicznego w glebie i jego zmiany pod wpływem różnych systemów produkcji. *Fragm. Agron.* 2(90), 216-226.
- Biernat K., 2007. Techniczne i środowiskowe uwarunkowania wykorzystania biomasy do celów energetycznych. *Ochr. Środ. i Zas. Nat.* 33, 9-16.
- Blander M., Pelton A. D., 1997. The inorganic chemistry of the combustion of wheat straw. *Biomass Bioenerg.* 12, 295-298.
- Borkowska H., Lipiński W., 2007. Zawartość wybranych pierwiastków w biomase kilku gatunków roślin energetycznych. *Acta Agrophys.* 10(2), 287-292.
- 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.
- Buraczynska D., Ceglarek F., 2011. Previous crop value of post-harvest residues and straw of spring wheat, field pea and their mixtures for winter triticale. Part I. Weight and chemical composition of post-harvest residues and straw. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 10(2), 3-18.
- Ciećko Z., Żołnowski A. C., Kulmaczewska J., Chelstowski A., 2009. Wpływ następstwa melioracyjnych dawek popiołów z węgla kamiennego na kwasowość gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 535, 73-83.
- Ciesielczuk T., Kusza G., Nemš A., 2011. Nawożenie popiołami z termicznego przekształcania biomasy źródłem pierwiastków śladowych dla gleb. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 49, 219-227.
- Deen W., Kutaki P. K., 2003. Carbon sequestration in a long-term conventional versus conservation tillage experiment. *Soil Till. Res.* 74, 143-150.
- Gibczyńska M., Meller E., Hury G., 2007. Oddziaływanie popiołu z węgla brunatnego na wybrane właściwości fizykochemiczne gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 518, 53-61.
- Gibczyńska M., Meller E., Stankowski S., Prokopowicz A., 2009. Wpływ popiołów z węgla brunatnego na skład chemiczny gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 538, 63-71.
- Harasimowicz-Hermann G., Hermann J., 2007. Agrotechniczne bariery spalania słomy. [W:] *Uprawa wierzby krzewistej na cele energetyczne alternatywą dla spalania słomy i zachowania żyzności gleby*. Wyd. Uczeln. UTP w Bydgoszczy, 53-60.
- Herman J., Harasimowicz-Hermann G., 2005. Przydatność popiołów ze spalania biomasy do stosowania w rolnictwie i rekultywacji gruntów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 506, 189-196.
- Hermle S., Anken T., Leifeld J., Weiskopf P., 2008. The effect of tillage system on soil organic carbon content under moist, cold-temperate conditions. *Soil Till. Res.* 98, 94-105.
- James A. K., Thring R. W., Helle S., Ghuman H. S., 2012. Ash management review – applications of biomass bottom ash. *Energies* 5, 3856-3873.
- Kalembasa D., 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophys.* 7(4), 909-914.
- Koch H. J., Stockfisch N., 2006. Loss of soil organic matter upon ploughing under a loess soil after several years of conservation tillage. *Soil Till. Res.* 86, 73-83.
- Kowalczyk-Juśko A., 2009. Popiół z różnych roślin energetycznych. *Proceed. ECOpole* 3(1), 159-164.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W., 2003. Wpływ nawożenia resztkami pozbiorowymi rzepaku ozimego i wapnowania na rozwój, plonowanie oraz skład chemiczny ziarna pszenicy. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 2(1), 17-30.
- Kraska P., Pałys E., 2003. Wpływ systemów uprawy roli, poziomów nawożenia i ochrony roślin na masę i skład chemiczny resztek poźniowych jęczmienia jarego. *Ann. UMCS, Sec. E* 58, 23-33.
- Kraska P., Pałys E., 2004. Wpływ systemów uprawy roli, poziomów nawożenia i ochrony roślin na plonowanie jęczmienia jarego. *Ann. UMCS, Sec. E* 59(1), 197-204.
- Lista opisowa odmian 2008, 2009., *Rośliny Rolnicze, część 1 zbożowe*. COBORU Słupia Wielka.

- Mazzoncini M., Sapkota T. B., Barberi P., Antichi D., Risaliti R., 2011. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. *Soil Till. Res.* 114, 165-174.
- Meller E., Bilenda E., 2012. Wpływ popiołów ze spalania biomasy na właściwości fizykochemiczne gleb lekkich. *Polit. Energ.* 15(3), 287-292.
- Meller E., Niedźwiecki E., Wojcieszczuk T., Jarnuszewski G., 2009. Porównanie właściwości fizykochemicznych popiołów po spalaniu biomasy o zróżnicowanym składzie. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 535, 297-303.
- Moreno F., Murillo J. M., Pelegrin F., Giron I. F., 2006. Long-term impact of conservation tillage on stratification ratio of soil organic carbon and loss of total and active CaCO_3 . *Soil Till. Res.* 85, 86-93.
- Niedziółka I., Zuchniarz A., 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. *Motrol 8A*, 232-237.
- Niedźwiecki E., Meller E., Kęsek S., Jakubik A., 2007. Właściwości fizykochemiczne popiołów ze spalania odpadów drzewnych w zakładzie Kronopol w Żarach oraz możliwości i sposoby ich zagospodarowania. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 518, 119-125.
- Ohno T., Erich M. S., 1990. Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agric. Ecosyst. Environ.* 32, 223-239.
- Olanders B., Steenari B. M., 1995. Characterization of ashes from wood and straw. *Biomass and Bioenergy* 8(2), 105-115.
- Park B. B., Yanai R. D., Sahm J. M., Lee D. K., Abrahamson L. P., 2005. Wood Ash effects on plant and soil in a willow bioenergy plantation. *Biomass Bioenerg.* 28, 355-365.
- Pels J. R., Nie D. S., Kiel J. H. A., 2005. Utilization of ashes from biomass combustion and gasification. Published at 14th European Biomass Conference & Exhibition, Paris, France, 1-17.
- Piekarczyk M., Kotwica K., Jaskulski D., 2011a. Skład elementarny popiołu ze słomy i siana w aspekcie jego rolniczego wykorzystania. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10(2), 97-104.
- Piekarczyk M., Kotwica K., Jaskulski D., 2011b. Wpływ stosowania popiołu ze słomy jęczmienia jarego na chemiczne właściwości gleby lekkiej. *Fragm. Agron.* 28(3), 91-99.
- Rutkowska B., Szulc W., Łabędowicz J., 2004. Effect of differentiated fertilization on the content of soil organic carbon in the conditions of long-term fertilization experiment. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59(1), 47-53.
- Sander M. L., Andren O., 1997. Ash from cereal and rape straw used for heat production: liming effect and content of plant nutrients and heavy metals. *Water, Air Soil Poll.*, 93, 93-108.
- Sommer R., Ryan J., Masri S., Singh M., Diekmann J., 2011. Effect of shallow tillage, moldboard plowing, straw management and compost addition on soil organic matter and nitrogen in a dryland barley/wheat vetch rotation. *Soil Till. Res.* 115-116, 39-46.
- Stankowski S., Bielińska E., J., 2009. Popioły z biomasy a możliwości wykorzystania do celów nawozowych. *Mat. Konf. Nauk. Tereny zdegradowane i rekultywowane – możliwości ich zagospodarowania*, Szczecin, 161-164.
- Tobiašová E., 2011. The effect of organic matter on the structure of soils of different land uses. *Soil Till. Res.* 114, 183-192.
- Wacławowicz R., 2011. Rolnicze wykorzystanie popiołów ze spalania biomasy. UP Wrocław. www.scc.com.pl/konferencje/prezentacje/FTEB_27-20-2011/21%20R.Wacławowicz.pdf
- Właśniewski S., 2009. Wpływ nawożenia popiołem lotnym z węgla kamiennego na wybrane właściwości gleby piaszczystej i plonowanie owsa. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 41, 479-488.
- Wrzosek J., Gworek B., 2010. Biomasa w energetyce odnawialnej. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 43, 104-116.
- Yeledhalli N. A., Prakash S. S., Ravi M. V., Narayanarao K., 2008. Long-term effect of fly ash on crop yield and soil properties. *Karnataka J. Agric. Sci.* 21, 507-512.