

Henryk RATAJKIEWICZ¹, Roman KIERZEK², Zbigniew KAROLEWSKI³, Maria WERNER³

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Metod Ochrony Roślin

ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań, e-mail: ratajh@up.poznan.pl

² Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Herbologii i Techniki Ochrony Roślin

ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań, e-mail: r.kierzek@ior.poznan.pl; m.wachowiak@ior.pozna.pl

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Fitopatologii

ul. Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań, e-mail: karolew@up.poznan.pl; mwerner@up.poznan.pl

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITIES OF CREEPING THISTLE CONTROL WITH USE OF PATHOGENIC FUNGI IN ECOLOGICAL AND CONVENTIONAL AGRICULTURE

Summary

*Creeping thistle is a burdensome weed of crop plants in ecological and conventional farms, which can be controlled using pathogenic fungi. Although using pathogens of creeping thistle can stir up important doubts from epidemiological point of view, resulting from an opportunity to inoculation of crop plants, it can be possible. Application of bioherbicides on pastures and meadows is ultimately one of the most suitable method of direct control of creeping thistle and other weeds. A use of *P. punctiformis* on arable land can not raise doubts, however, due to necessity of manual application this method, should be the best in ecological farms. Other fungi appropriately selected to a crop can be a basic method of creeping thistle control or assist a control of it weed with traditional herbicides.*

OCENA MOŻLIWOŚCI ZWALCZANIA OSTROŻENIA POLNEGO Z WYKORZYSTANIEM GRZYBÓW PATOGENICZNYCH W ROLNICTWIE EKOLOGICZNYM I KONWENCJONALNYM

Streszczenie

*Ostrożeń polny (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) jest uciążliwym chwastem upraw roślin w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych w Polsce, który może być zwalczany z wykorzystaniem grzybów patogenicznych. Zastosowanie patogenów ostrożenia polnego wprawdzie budzi poważne wątpliwości epidemiologiczne, wynikające z możliwości zakażenia roślin uprawnych, jest jednak możliwe. Wykorzystanie bioherbicydów na pastwiskach i łąkach jest docelowo jednym z najodpowiedniejszych sposobów bezpośredniego zwalczania ostrożenia polnego i innych chwastów. Zastosowanie *P. punctiformis* na gruntach ornych nie budzi wątpliwości epidemiologicznych, jednak, ze względu na konieczność manualnej aplikacji patogena, jego wykorzystanie będzie najodpowiedniejsze w uprawach prowadzonych w gospodarstwach ekologicznych. Inne grzyby, odpowiednio dobrane do upraw roślin, tak, aby nie stwarzać zagrożenia epidemiologicznego, mogą być podstawowym czynnikiem zwalczania ostrożenia polnego lub wspomagać zwalczanie tego chwastu prowadzone z użyciem tradycyjnych herbicydów.*

1. Wprowadzenie

Ostrożeń polny (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) jest ważnym gospodarczo chwastem, który powszechnie występuje na gruntach ornych i użytkach zielonych. Problem skutecznego eliminowania tego chwastu wynika najczęściej z uwarunkowań agrotechnicznych, co ma z kolei związek z cechami biologicznymi tego gatunku i warunkami klimatycznymi. W ostatnich dziesięcioleciach obserwuje się wyraźny wzrost rozprzestrzeniania i nasilenia występowania ostrożenia polnego w naszym kraju [29]. Roślina ta jest licznie zasiedlana przez mikroorganizmy [1] i stawonogi [34], stanowiące naturalny czynnik regulacji jego występowania. Mikroorganizmy umiejętnie wykorzystane dają szansę na poprawę skuteczności zwalczania tego chwastu, zarówno w warunkach agrotechniki prowadzonej w rolnictwie konwencjonalnym, a szczególnie w ekologicznym – przyczyniając się do zmniejszenia liczby zabiegów mechanicznych [28].

2. Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest ocena możliwości zwalczania ostrożenia polnego z wykorzystaniem grzybów patoge-

nicznych w polskim rolnictwie ekologicznym i konwencjonalnym.

3. Zagrożenie upraw przez ostrożeń polny

Ostrożeń polny jest przyczyną istotnych strat w plonach, zarówno w uprawach trwałych jak i na gruntach ornych. Chwast ten występuje we wszystkich uprawach roślin rolniczych i ogrodniczych. Dobrze rośnie w warunkach pełnego oświetlenia na glebach suchych i świeżych, żyznych i umiarkowanie ubogich, umiarkowanie kwaśnych, obojętnych i zasadowych, lekkich i ciężkich [29]. Zasiedlanie nowych stanowisk przez ostrożeń polny wynika z przenoszenia niełupek wraz z puchem kielichowym na znaczną odległość, nawet 0,5 km. Jedna roślina może wytwarzać kilka tysięcy niełupek. Część niełupek znajdujących się w glebie jest zdolna do skielkowania nawet po 20 latach [23]. Ostrożeń polny łatwo regeneruje z korzeni, dlatego podstawowe zabiegi uprawowe, w tym jednokrotna orka w ciągu sezonu, często nie eliminują skutecznie roślin. Ostrożeń polny jest jednym z najtrudniejszych do zwalczania chwastów, próg szkodliwości w zbożach stanowi 0,5 rośliny ostrożenia na 1 m² powierzchni uprawy [25, 23].

Ostrożeń polny znajduje szczególnie dobre warunki rozwoju na naturalnych łąkach, gdzie jest przyczyną nie tylko obniżenia plonowania runi, ale swoją obecnością w sianie obniża jego wartość paszową, jest nieakceptowany przez zwierzęta, a przypadkowo spożyty może podrażniać przewód pokarmowy. Inne gatunki rodzaju ostrożeń mogą również zachwaszczać użytki rolne, szczególnie zielone. Ostrożeń polny może także tworzyć mieszańce z niektórymi gatunkami [31], takimi jak: *C. eriophorum* (ostrożeniem głowaczem), *C. lanceolatum* (lancetowatym), *C. palustre* (błotnym), *C. erisithales* (lepkim), *C. oleraceum* (warzywnym) i *C. acaule* (krótkołodygowym).

Znaczenie ostrożenia polnego i innych chwastów wieloletnich może wzrastać w Polsce wraz ze zwiększeniem arealu upraw prowadzonych w uproszczonych technologiach produkcji, w przypadku zaniedbań w agrotechnice i płodozmianie, w mało intensywnych systemach produkcji, prowadzonych m.in. zgodnie z zasadami rolnictwa ekologicznego. Szczególnie zagrożone są uprawy zbóż jarych. Badania Sobisza [30] wskazują m.in. na większe zachwaszczenie zbóż jarych ostrożeniem polnym w gospodarstwach ekologicznych, niż tradycyjnych. Ostrożeń polny, jako gatunek neutralny wobec kontynentalizmu, dobrze rozwija się w szerokim zakresie warunków klimatycznych, co może

sprzyjać jego rozprzestrzenieniu podczas długotrwałych zmian klimatycznych i w zmiennych warunkach klimatycznych. Z drugiej strony, zmiany klimatu mogą również sprzyjać rozprzestrzenianiu się patogenów ostrożenia polnego na terenie naszego kraju, jak również mogą modyfikować skuteczność działania środków ochrony roślin. Badania Ziska i wsp. [36, 37] wskazują, że w zwiększonej zawartości CO₂ w atmosferze ostrożeń polny jest gorzej zwalczany przez glifosat, nie można wykluczyć, że również przez inne herbicydy. Na rynku jest stosunkowo mała liczba herbicydów skutecznie zwalczających ten uciążliwy chwast.

4. Patogeny ostrożenia polnego

Potencjał biologiczny ostrożenia polnego do jego rozprzestrzeniania w środowisku może być istotnie ograniczony przez występujące na nim patogeny. Szeroki przegląd grzybów występujących na *Cirsium arvense* w europejskiej części Rosji przedstawił Berestetskiy [1]. Także Zheng i wsp. [35] przedstawili szereg grzybów chorobotwórczych dla *C. arvense*, należących do gromad: *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Oomycota* i grzybów mitosporowych, które zaprezentowano w tab. 1 i 2.

Tab. 1. Pasożyty bezwzględne ostrożenia polnego
Table 1. Obligatory parasites of creeping thistle

Gromada	Rodzina	Gatunek	Publikacja
<i>Ascomycota</i>	<i>Erysiphaceae</i>	<i>Erysiphe cichoracearum</i> DC.	[35]
		<i>E. mayorii</i> var. <i>mayorii</i>	[27]
		<i>Sphaerotheca fuliginea</i> (Schltld.) Pollacci	[35]
		<i>S. fusca</i> (Fr.) S. Blumer	[35]
<i>Basidiomycota</i>	<i>Pucciniaceae</i>	<i>Puccinia cirsii</i> Lasch	[35]
		<i>P. cirsii-maritimi</i> Dietel	[35]
		<i>P. dioicae</i> Magnus	[35]
		<i>P. infra-aequatorialis</i> Jørst	[35]
		<i>P. nishidana</i> Henn.	[35]
		<i>P. punctiformis</i> (F. Strauss) Röhl	[35]
		<i>Pustula andropogonis</i>	[21]
<i>Oomycota</i>	<i>Albuginaceae</i>	<i>Albugo tragopogonis</i> var. <i>cirsii</i> Ciferri & Biga apud Biga	[35]
		<i>A. tragopogonis</i> (DC.) Gray	[35]
	<i>Peronosporaceae</i>	<i>Bremia cirsii</i> (Jaczewski ex Uljanish) J.F. Tao & Y.N. Yu	[35]

Tab. 2. Pasożyty względne występujące na ostrożeniu polnym, które oceniano pod względem możliwości wykorzystania w biologicznym zwalczaniu tego chwastu

Table 2. Facultative parasites existing on creeping thistle which were evaluated as potential biological factors of this weed control

Gromada	Rząd	Gatunek	Publikacja
<i>Ascomycota</i>	<i>Helotiales</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	[35]
Grzyby mitosporowe	<i>Sphaeropsidales</i>	<i>Ascochyta tussilaginis</i>	[2]
		<i>Phoma destructiva</i>	[20]
		<i>P. exigua</i> var. <i>exigua</i>	[8]
		<i>P. hedericola</i>	[15]
		<i>P. nebulosa</i>	[15]
		<i>Phomopsis cirsii</i>	[33]
		<i>Phyllosticta cirsii</i> Desm.	[35]
		<i>Septoria cirsii</i> Niessl	[35]
		<i>Stagonospora cirsii</i>	[3]
		<i>Hyphomycetales</i>	<i>Alternaria cirsinoxia</i>
	<i>Cercospora cirsii</i> Ellis & Everh		[35]
	<i>Ramularia cirsii</i>		[21]
	<i>Agonomycetales</i>	<i>Mycelia sterilia</i>	[15]

W badaniach polskich Ruskiewicz-Michalska [27] wskazuje na występowanie na ostrożeń polnym na Wyżynie Częstochowskiej *Erysiphe cichoracearum* var. *cichoracearum*, *E. mayorii* var. *mayorii*, *Phyllosticta cirsilanceolata*, *Puccinia punctiformis*. Ratajkiewicz i wsp. [26] na ostrożeniach polnych zasiedlających naturalne łąki doliny Warty wyizolowali grzyby rodzaju: *Fusarium*, *Alternaria*, *Sclerotinia* i *Penicillium* oraz stwierdzili występowanie *P. punctiformis*. Oprócz żywych organizmów również czynniki abiotyczne, takie jak niedostateczna zawartość niezbędnych składników mineralnych w podłożu lub w tkankach roślin, mogą być przyczyną niektórych obserwowanych chorób ostrożenia polnego [26].

5. Patogeny ostrożenia polnego jako potencjalne bioherbicydy

Wprawdzie już w 1959 r. ostrożeń polny znalazł się wśród pierwszych 19 gatunków chwastów będących celem biologicznego zwalczania w USA [22], to dopiero od lat 80. ubiegłego stulecia nastąpił znaczny rozwój badań w tym zakresie. W tab. 2 zebrano patogeny względne ostrożenia polnego, które oceniano pod względem możliwości zastosowania w biologicznym zwalczaniu tego chwastu. Przedstawione patogeny ograniczały w istotnym stopniu wzrost ostrożenia polnego, niektóre z nich przebadano również w warunkach polowych i uzyskano satysfakcjonujące rezultaty w dłuższej perspektywie czasowej, obejmującej cały sezon wegetacyjny lub kilka sezonów.

Zakres oddziaływania grzybów patogenicznych dla ostrożenia polnego wykracza ponad sam rozwój wegetatywny, a patogeny te bezpośrednio lub pośrednio wpływają na zdolność tej rośliny do rozprzestrzeniania się w środowisku wraz z materiałem generatywnym. W badaniach polskich wykazano, że chore rośliny wykształcały duży odsetek nieżywotnych niełupek; niekiedy nie tworzyły koszyzków lub nie zakwitały. Wstępne badania wskazują, że zdolność kiełkowania niełupek zebranych z roślin ze stanowisk gdzie stwierdzano objawy występowania chorób była bardzo niska, do 20% [26], podczas gdy Mowszowicz [24] podaje, że niełupki ostrożenia polnego kiełkują w 60-90%.

Spśród patogenów ostrożenia polnego najczęściej miejsca w badaniach poświęcono *Sclerotinia sclerotiorum* i *P. punctiformis*. Sukcesem nowozelandzkiego zespołu, oznaczającym wprowadzenie do praktyki rolniczej bioherbicydu Sclerodex przeciwko ostrożeniowi polnemu [32], zakończyły się badania nad *S. sclerotiorum* [5, 10]. Bourdôt i wsp. [5] wykazali, że grzyb ten redukuje liczebność populacji ostrożenia polnego na użytkach zielonych w granicach 38-81%, po jednokrotnej aplikacji, a dalsze badania [6] dowiodły, że nie jest konieczne coroczne ponawianie aplikacji patogena dla ograniczenia populacji chwastu w kolejnych latach. Względy ekonomiczne i trudności z utrzymaniem stabilności formulacji sprawiły, że wskazany herbicyd nie utrzymał się na rynku. Badania nad polskimi izolatami *S. sclerotiorum* również przyniosły obiecujące wyniki w zakresie ich patogeniczności wobec *C. arvensis* [26].

Jedną z ważniejszych chorób ostrożenia polnego jest rdza, powodowana przez *P. punctiformis*. Zebrane doniesienia ustne i obserwacje własne, dotyczące wybranych terenów naszego kraju wskazują, że w ostatnich latach *P. punctiformis* powodowała wyniszczenie roślin ostrożenia polnego, niekiedy niemal całej populacji, podczas gdy nie była obserwowana na ostrożeniach innych gatunków. Na

liściach i pędach wytwarza spermogonia, uredinia i telia. Grzyb zakaża *C. arvensis* systemicznie, zimuje w organach rośliny pod ziemią. W badaniach niemieckich [19] *P. punctiformis* silnie wyniszczała rośliny ostrożenia polnego, zwłaszcza, gdy oprócz aplikacji zarodników przycinano również nadziemną część roślin imitując tym zabiegiem koszenie użytków zielonych.

Wzmocnienie patogenicznego oddziaływania grzybów wobec ostrożenia polnego uzyskano poprzez łączne zastosowanie dwóch lub więcej patogenów. Kluth i wsp. [20] zastosowali razem *P. punctiformis* i *Phoma destructiva*, co doprowadziło do silniejszego ograniczenia liczebności ostrożenia polnego niż po użyciu każdego z nich z osobna. Guske i wsp. [15] najlepsze rezultaty otrzymali po łącznym zastosowaniu *Phoma hedericola*, *P. destructiva*, *P. nebulosa* i *Mycelia sterilia*. Jednak nie każda kombinacja grzybów dała satysfakcjonujące wyniki, czego przykładem była *P. hedericola*, która miała silniejszą aktywność zastosowana indywidualnie niż w połączeniu z *P. punctiformis*.

Jeszcze nowszym trendem badawczym w zakresie wykorzystania potencjału patogenów do zwalczania ostrożenia polnego jest izolowanie metabolitów tych mikroorganizmów o silnym oddziaływaniu fitotoksycznym. Evidente i in. [13] oceniali filostyktyny z grupy oksazotricykloalkenów wytwarzane przez *Phyllosticta cirsii*. Berestetskiy i in. [4] przedstawili wyniki badań nad toksycznymi dla *C. arvensis* i *Sonchus arvensis* substancjami, które wyizolowali ze *Stagonospora*, *Phoma* i *Ascochyta* spp. Cimmino i in. [8] zaprezentowali wyniki badań nad mykotoksynami wyizolowanymi z *Phoma exigua* var. *exigua*.

6. Warunki skutecznego działania mikroherbicydu przeciwko ostrożeniowi polnemu

Bioherbicydy wprowadzane do praktyki rolniczej powinny odznaczać się wysoką skutecznością i stabilnością biologicznego działania, znaczną trwałością i łatwością w zastosowaniu. O ile patogeny względne dają się hodować na pożywkach i mogą stanowić potencjalnie łatwy materiał do otrzymania bioherbicydu, to patogeny bezwzględne, w tym *P. punctiformis*, nie mogą być otrzymane w podobny sposób [26], mimo to istnieją sposoby ich aplikacji.

Mikroherbicydy, podobnie jak inne biopreparaty, odznaczają się wolniejszym działaniem od herbicydów syntetycznych jednak wiele patogenów daje szansę na długotrwały efekt. Wysoką skuteczność *S. sclerotiorum* jak i *P. punctiformis*, bliską całkowitemu wyniszczeniu ostrożenia polnego na traktowanym stanowisku, uzyskuje się w perspektywie od jednego do kilku sezonów wegetacyjnych [5, 6, 19].

Skuteczność działania mikroherbicydów obwarowana jest licznymi warunkami, począwszy od wyboru skutecznego izolatu grzyba, formulacji preparatu i jego dawki, poprzez technikę, warunki mikroklimatyczne i fazę rozwojową ostrożenia polnego podczas aplikacji, a skończywszy na uwzględnieniu warunków i zabiegów w uprawie podczas długiego okresu działania mikroherbicydu, które mogą wzmacniać, jak i ograniczać rezultat biologiczny.

Bioherbicydy przeciwko ostrożeniowi polnemu aplikuje się wraz z cieczą, nalistnie lub na powierzchnię gleby, przy czym w obu przypadkach oczekuje się przede wszystkim infekcji części nadziemnej rośliny. Niektóre patogeny, jak np. *S. sclerotiorum*, można aplikować również w postaci ziaren zbóż przerośniętych grzybnia na powierzchnię gleby

[18]. Pasożyty bezwzględne, takie jak *P. punctiformis*, są rozprzestrzeniane również manulanie, poprzez bezpośredni kontakt zdrowych roślin z wytwarzającym zarodniki grzybem znajdującym się na chorych roślinach. Aby infekcja była efektywna najczęściej niezbędne jest, co najmniej, kilkugodzinne zwilżenie roślin i wysoka wilgotność względna powietrza [21]. Wydłużenie tego okresu sprzyjało infekcji ostrożenia polnego przez *S. sclerotiorum* [17], a utrzymanie zwilżenia przez 48 godzin, w przypadku *Ascochyta tussilaginis*, dawało znacznie lepsze rezultaty niż po 12 godzinach [2]. Znaczna powierzchnia liści, na której rozprasa się aplikowana ciecz, w połączeniu z ewentualnym niedosytem pary wodnej w powietrzu sprzyja wysychaniu kropli cieczy. Wiele patogenów infekuje rośliny poprzez aparaty szparkowe znajdujące się w większej liczbie na dolnej niż górnej stronie liści. Lepszej efektywności infekcji można spodziewać się zatem, gdy rośliny ostrożenia polnego są jeszcze w fazie rozety. Berestetskiy [2] stwierdził, że liście starsze, bliższe podłoża, były łatwiej infekowane przez *S. cirsi* niż młodsze; takie położenie sprzyja dłuższemu utrzymywaniu zwilżenia, zwłaszcza dolnej ich strony.

Okres zwilżenia liści i retencję można modyfikować w zależności od ilości cieczy użytkowej aplikowanej na jednostkę powierzchni, jednak w warunkach znacznego niedosytu pary wodnej w powietrzu nawet 2000 l cieczy na 1 ha okaże się niewystarczające do kilkugodzinnego zwilżenia rośliny. Badania nad znaczeniem ilości cieczy i wielkości kropli dla skuteczności działania grzybów rodzaju *Colletotrichum* przeciwko *Matricaria perforata* i *Malva pusilla* prowadzili Byer i in. [7]. Potwierdzili oni zależność pomiędzy retencją a ilością aplikowanej cieczy, jednocześnie wykazując, że zabieg drobnokroplisty był skuteczniejszy niż grubokroplisty, gdy zastosowali *C. truncatum* z użyciem 500 l wody na 1 ha, podczas gdy w przypadku *C. gloeosporioides* f. sp. *malvae* nie wykazano takiej zależności. Drobne krople dają większą szansę lepszemu naniesieniu cieczy na dolną powierzchnię liścia niż grube; można się spodziewać, że i w przypadku ostrożenia polnego lepsze rezultaty biologiczne aplikacji bioherbicydu będzie można uzyskać w wyniku zabiegu drobnokroplistego.

Zastosowanie pasożytów bezwzględnych, takich jak *P. punctiformis*, jako mikoherbicydów napotyka istotne ograniczenia związane z przygotowaniem preparatu. Aplikacja jest jednak możliwa poprzez opryskiwanie cieczą przygotowaną z wykorzystaniem zarodników zebranych z ostrożenia polnego lub poprzez kontakt roślin zakażonych ze zdrowymi. Jest to niewątpliwym utrudnieniem, ale nie wyklucza tego grzyba z praktycznego zastosowania na małych arealach, zwłaszcza w uprawach prowadzonych zgodnie z zasadami rolnictwa ekologicznego w naszym kraju. *P. punctiformis* jest gatunkiem charakterystycznym dla ostrożenia polnego; dla osób mających podstawową wiedzę z zakresu biologii jest łatwy do rozpoznania w oparciu o materiał graficzny i specyficzny, przyjemny zapach, który związany jest z wytwarzanymi przez patogena spermogoniami. *P. punctiformis* jest prawdopodobnie gatunkiem powszechnie występującym w naszym kraju, jednak dotąd nie prowadzono na ten temat szerszych badań. Przykładem udanego wykorzystania pasożyta bezwzględnego w praktyce rolniczej jest grzyb *Puccinia chondrillina*, który skutecznie ogranicza populację *Chondrilla juncea* w Australii [16]. Prowadzone są również badania nad wykorzystaniem *P. lagenoforae* przeciwko *Senecio vulgaris* w uprawie marchwi [14].

Mechaniczne uszkodzenie ostrożenia polnego, takie jak podczas koszenia łąk lub wypasania pastwisk, jest jednym z czynników mogących sprzyjać naturalnej infekcji grzybów [12]. Kluth i wsp. [19] stwierdzili także, że mechaniczne uszkodzenie ostrożenia polnego zwiększało skuteczność działania mikoherbicydu zawierającego *S. sclerotiorum*. Obserwacje własne z lat 2008-2009 również wskazują, że chore i zamierające ostrożnie występowały liczniej w miejscach gdzie łąki były koszone. Uszkodzenia *C. arvense* powodują również fitofagi. Badania nad związkiem pomiędzy rozprzestrzenieniem *P. punctiformis* a występowaniem fitofagów na ostrożeniu polnym nie dały jednakże jednoznacznych wyników [9].

Mikoherbicydy o praktycznym zastosowaniu są do tej pory rzadkością; wysoce aktywne w badaniach szklarniowych izolaty nie zawsze są równie skuteczne w warunkach polowych. Główną odpowiedzialność za to ponoszą zwykle czynniki meteorologiczne, niekorzystne dla infekcji roślin przez patogeny. Istotne znaczenie dla skuteczności działania bioherbicydu mogą mieć również niektóre zabiegi agrotechniczne wykonywane przed, jak i po aplikacji. Wskazać należy przede wszystkim na potencjalnie negatywne oddziaływanie fungicydów, ale także niektóre zoocydy, herbicydy i inne środki aplikowane nalistnie mogą mieć negatywne znaczenie. Jednym z ważniejszych problemów ograniczających szersze zastosowanie mikoherbicydów jest potencjalne biologiczne zagrożenie roślin uprawnych aktualnie rosnących i uprawianych następczo na traktowanym polu.

7. Zagrożenie ważniejszych upraw związane z możliwością infekcji roślin na skutek aplikacji patogenów przeciwko ostrożeniowi polnemu

Wśród patogenów ostrożenia polnego, występujących w strefie klimatu umiarkowanego, można wskazać na monofaga, *P. punctiformis*, nie stwarzającego zagrożenia epidemiologicznego dla roślin uprawnych. Według Berestetskiego [2] *Ascochyta tussilaginis* i *Septoria cirsi* są również bezpieczne dla roślin uprawnych. O ile oba grzyby dają się hodować na pożywkach i mogą stanowić łatwy materiał do otrzymania potencjalnego bioherbicydu, o tyle nie prowadzi się takiej hodowli w przypadku *P. punctiformis*.

Zastosowanie mikoherbicydów opartych na polifagach słusznie może budzić obawy związane z potencjalnymi konsekwencjami dla upraw, wynikającymi z patogeniczności grzybów względem różnych gatunków roślin i możliwości łatwego ich przemieszczania. Wiele miejsca w badaniach poświęcono *S. sclerotiorum*, znanemu sprawcy zgnilizny twardzikowej występującej na wielu gatunkach roślin. DeJong i wsp. [10, 11] wykonali badania nad ryzykiem rozprzestrzenienia się askospor po aplikacji *S. sclerotiorum* przeciwko ostrożeniowi polnemu na łąkach i pastwiskach oraz przeprowadzili ocenę zagrożenia innych upraw. Badacze ci, w oparciu o wyniki swoich obserwacji, wskazują ostatecznie na znikome ryzyko i potwierdzają słuszność stosowania w praktyce bioherbicydu zawierającego tego grzyba na użytkach zielonych. W uprawach jednorocznych na grunatach ornych, skleroty wytwarzane przez *S. sclerotiorum* stanowiłyby bezpośrednie zagrożenie dla podatnych na tego grzyba roślin uprawianych następczo, a askospory mogłyby również zagrażać bezpośrednio sąsiadującym uprawom, dlatego zastosowanie tego grzyba na gruntach ornych budzi poważne wątpliwości epidemiologiczne i najczęściej wyklucza się takie jego wykorzystanie.

Koniecznością jest przeprowadzenie oceny ryzyka rozprzestrzeniania i zagrożenia sąsiednich i następczych upraw oraz niezbędnych badań biologicznych w przypadku każdego mikroorganizmu patogenicznego, który miałby stać się bioherbicydem o praktycznym znaczeniu.

8. Mikroherbicydy a herbicydy, herbicydy biotechniczne

Grzyby porażające chwasty mogą spełniać również rolę wspomagającą w zwalczaniu chwastów z użyciem tradycyjnych herbicydów chemicznych. Łączenie herbicydów chemicznych i biologicznych w technologiach zarządzania zachwaszczeniem może być jednym z ważniejszych nurtów stosowania bioherbicydów. Natomiast herbicydy biotechniczne, zawierające fitotoksyczne metabolity wytwarzane przez grzyby pasożytnicze, będą raczej stosowane w charakterze podstawowych herbicydów, jak również w mieszaninach z herbicydami syntetycznymi. Przedstawione wcześniej badania [4, 13, 8], wykonane na ostrożeńiu polnym wskazują, że jest to chwast podatny na oddziaływanie takich mikotoksyn. Zarazem istnieje możliwość izolowania metabolitów z patogenów, które mają wąski zakres specjalizacji biologicznej, co zresztą już uczyniono [2]. Wyodrębnienie mikotoksyn z hodowli takich grzybów zwiększa znacznie szanse na uzyskanie herbicydu selektywnego wobec roślin uprawnych, a zarazem stabilniejszego w działaniu w praktyce niż mikroherbicyd zawierający mikroorganizm – którego skuteczność działania jest silnie uzależniona od warunków agrometeorologicznych podczas i po zabiegu.

9. Zalecenia

Przeprowadzona analiza doniesień naukowych i badania własne wskazują, że istnieje potrzeba i realna możliwość biologicznego zarządzania występowaniem ostrożeńia polnego, zarówno w uprawach roślin prowadzonych w rolnictwie tradycyjnym, jak i ekologicznym w naszym kraju.

Grzyby porażające ostrożeń polny, odpowiednio dobrane do upraw roślin, tak, aby nie stwarzały zagrożenia epidemiologicznego, mogą być podstawowym czynnikiem zwalczania ostrożeńia polnego lub wspomagać zwalczanie tego chwastu prowadzone z użyciem tradycyjnych herbicydów chemicznych.

Zastosowanie patogenów przeciwko ostrożeńiu polnemu na łąkach i pastwiskach, zarówno tradycyjnych jak i ekologicznych, nie stwarza poważniejszych problemów epidemiologicznych dla podstawowych roślin wchodzących w skład runi. Wykorzystanie bioherbicydów na pastwiskach i łąkach jest jednym z najodpowiedniejszych sposobów bezpośredniego zwalczania ostrożeńia polnego i innych chwastów, i jest preferowane w długookresowych planach rozwoju tej gałęzi produkcji rolnej. Zarazem, na użytkach zielonych, szczególnie naturalnie położonych w dolinach rzek i w pobliżu zbiorników wodnych, występują korzystniejsze warunki agrometeorologiczne dla skutecznego działania mikroherbicydu niż w uprawach prowadzonych na gruntach ornych.

Zastosowanie *P. punctiformis* na gruntach ornych nie budzi wątpliwości epidemiologicznych, jednak, ze względu na konieczność manualnej aplikacji patogena, jego wykorzystanie będzie najodpowiedniejsze w uprawach prowadzonych w gospodarstwach ekologicznych, które zarazem są bardziej, niż w konwencjonalnych, zagrożone występowaniem ostrożeńia polnego.

10. Literatura

- [1] Berestetskiy, A. O.: Mycobiota of *Cirsium arvense* and allied species over the territory of the European part of Russia. *Mikologiya i Fitopatologiya*, 1997, 31, s. 39-45.
- [2] Berestetskiy A.: Bioherbicide - Status Reports - All-Russian Research Institute of Plant Protection. International Bioherbicide Group IBG News, 1999, 8 (1), s. 14.
- [3] Berestetskiy A.O., Kungurtseva O.V., Sokornova S.V.: Can mycelial inoculum be an alternative to conidia in the case of *Stagonospora cirsii* J.J. Davis, a potential biocontrol agent of *Cirsium arvense*? Joint Workshop International Bioherbicide Group and EWRS-Biocontrol Working Group - "Current status and future prospects in bioherbicide research and product development", Bari, Italy, 19 June, 2005.
- [4] Berestetskiy A., Dmitriev A., Mitina G., Lisker I., Andolfi A., Evidente A.: Nonenolides and cytochalasins with phytotoxic activity against *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis*: A structure-activity relationships study. *Phytochemistry*, 2007, 69 (4), s. 953-960.
- [5] Bourdôt G.W., Harvey I.C., Hurrell G.A., Alexander R.T.: An experimental mycoherbicide utilizing *Sclerotinia sclerotiorum* controls pasture populations of *Cirsium arvense* in Canterbury. In: Proceedings 1993 of the 46th New Zealand Plant Protection Conference, Hotel Russley, Christchurch, New Zealand, 1993, s. 251-256.
- [6] Bourdôt G.W., Hurrell G.A., Saville D.J., Leathwick D.M.: Impacts of applied *Sclerotinia sclerotiorum* on the dynamics of a *Cirsium arvense* population. *Weed Research*, 2006, 46, s. 61-72.
- [7] Byer K.N., Peng G., Wolf T.M., Caldwell B.C.: Spray retention and its effect on weed control by mycoherbicides. *Biological Control*, 2006, 37, s. 307-313.
- [8] Cimmino A., Andolfi A., Berestetskiy A., Evidente A.: Production of Phytotoxins by *Phoma exigua* var. *exigua*, a Potential Mycoherbicide against Perennial Thistles. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56 (15), s. 6304-6309.
- [9] Cripps M.G.: Influence of natural enemies on *Cirsium arvense* — a biogeographic perspective. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. Lincoln University, 2009, 111 ss.
- [10] De Jong M.D., Bourdôt G.W., Hurrell G.A.; Saville D.J., Erbrink H.J., Zadoks J.C.: Risk analysis for biological weed control – simulating dispersal of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary ascospores from a pasture after biological control of *Cirsium arvense* (L.) Scop. *Aerobiologia*, 2002, 18, s. 211-222.
- [11] DeJong M.D., Bourdôt G.W., Powell J., Gourdiaan J.: A model of the escape of *Sclerotinia sclerotiorum* ascospores from pasture. *Ecological Modelling*, 2002, 150, s. 83-105.
- [12] Demers A.M., Berner D.K., Backman P.A.: Enhancing incidence of *Puccinia punctiformis*, through mowing, to improve management of Canada thistle (*Cirsium arvense*) *Biological Control*, 2006, 39, s. 481-488.
- [13] Evidente A., Cimmino A., Andolfi A., Vurro M., Zonno M.C., Cantrell C.L., Motta A.: Phyllostictines AeD, oxazatri-cycloalkenones produced by *Phyllosticta cirsii*, a potential mycoherbicide for *Cirsium arvense* biocontrol. *Tetrahedron*, 2007, 64, s. 1612-1619.
- [14] Grace B.S., Müller-Schärer H.: Biological control of *Senecio vulgaris* in carrots (*Daucus carota*) with the rust fungus *Puccinia lagenophorae*. *Basic Appl. Ecol.*, 2003, 4, s. 375-384.
- [15] Guske S., Schulz B., Boyle C.: Biocontrol options for *Cirsium arvense* with indigenous fungal pathogens. *Weed Research*, 2004, 44, s. 107-116.
- [16] Halley M.E., Groves R.H.: Effect of the rust fungus *Puccinia chondrillina* TU 788 on plant size and plant size variability in *Chondrilla juncea*. *Weed Research*, 2002, 42(5), s. 370-376.
- [17] Harvey C., Alexander R.A., Waipara N.W., Saville D.J.: The Effect of Inoculum Substrate and Dew Period on the Pathogenicity of *Sclerotinia Sclerotiorum* When Applied as a My-

- coherbicide to Californian Thistle (*Cirsium Arvense*). Australasian Plant Pathology, 1994, 23(2), s. 50-56.
- [18] Hurrell G.A., Bourdôt G.W., Saville D.J.: Effect of application time on the efficacy of *Sclerotinia sclerotiorum* as a mycoherbicide for *Cirsium arvense* control in pasture. Biocontrol Science and Technology, 2001, 11, s. 317-330.
- [19] Kluth S., Kruess A., Tschardt T.: Influence of mechanical cutting and pathogen application on the performance and nutrient storages of *Cirsium arvense*. Journal of Applied Ecology, 2003, 40, s. 334-343.
- [20] Kluth S., Kruess A., Tschardt T.: Effects of two pathogens on the performance of *Cirsium arvense* in a successional fallow. Weed Research, 2005, 45 (4), s. 261-269.
- [21] Leth V., Netland J., Andreassen C.: *Phomopsis cirsii*: a potential biocontrol agent of *Cirsium arvense*. Weed Research, 2008, 48, s. 533-541.
- [22] McClay A.S.: Canada thistle. W: Van Driesche R. i in.: Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States. USDA Forest Service Publication FHTET, 2002-04, 413 pp. <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1101&context=usdafsfacpub>. Dostęp 30.05.2010 r.
- [23] Mikulka J., Chodová D., Martinková Z.: Systém hubení pýru plazivého a pcháče osetu na orné půdě. Praha, 1993, Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 34 ss.
- [24] Mowszowicz J.: Krajowe chwasty polne i ogrodowe. Warszawa, PWRiL, 1955, 549 ss.
- [25] Paradowski A.: Atlas chwastów. Kraków, Plantpress, 2009, 229 ss.
- [26] Ratajkiewicz H., Karolewski Z., Werner M.: Ocena możliwości wykorzystania patogenów ostrożeńca polnego (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) do biologicznego zwalczania tego chwastu. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2009, 49, (2), s. 879-882.
- [27] Ruszkiewicz-Michalska M.: Mikroskopijne grzyby pasożytne w zbiorowiskach roślinnych Wyżyny Częstochowskiej. Monographiae Botanicae, 2006, 96, s. 1-142.
- [28] Scheepens P.C., Müller-Schärer H., Kempenaar C.: Opportunities for biological weed control in Europe. Biocontrol, 2001, 46, s. 127-138.
- [29] Snowarski M.: Atlas roślin naczyniowych Polski. 2002-2010. http://www.atlas-roslin.pl/gatunki/Cirsium_arvense.htm. Wersja publikacji 28.05.2010.
- [30] Sobisz Z.: Porównanie zachwaszczenia zbóż na polach wybranych gospodarstwa ekologicznych i tradycyjnych w Słowińskim Parku Narodowym. Pamiętnik Puławski, 2007, 145, s. 199-206.
- [31] Szafer W., Kulczyński S., Pawłowski: Rośliny Polskie. Warszawa, PWN, 1967, 1019 ss.
- [32] The Manual of Biocontrol Agents. Coppington L.G. Editor. British Crop Protection Council, 2004, 702 ss.
- [33] Wang L., Leth V., Netland J.: Culture stability of *Phomopsis cirsii*, a potential biocontrol agent of *Cirsium arvense*. Joint Workshop International Bioherbicide Group and EWRB-Biocontrol Working Group – “Current status and future prospects in bioherbicide research and product development” Bari, Italy, 19 June, 2005.
- [34] Winiarska W.: Roślinożerna entomofauna ostrożeńca polnego, *Cirsium arvense* (L.) Scop. Polskie Pismo Entomologiczne, 1986, 56, s. 701-715.
- [35] Zheng H., Wu Y., Ding J., Binion D., Fu W., Reardon R.: Invasive Plants of Asian Origin Established in the United States and Their Natural Enemies, 2005. <http://www.invasive.org/weeds/asian/cirsium.pdf>. Data dostępu 25.07.2009 r.
- [36] Ziska L.H., Faulkner S.S., Lydon J.: Changes in biomass and root:shoot ratio of fieldgrown Canada thistle (*Cirsium arvense*), a noxious, invasive weed, with elevated CO₂: implications for control with glyphosate. Weed Science, 2004, 52, s. 584-588.
- [37] Ziska L.H., Teasdale J.R., Bunce J.A.: Future atmospheric carbon dioxide concentrations may increase tolerance to glyphosate. Weed Science, 1999, 47, 608-615.